FCA3000 和 FCA3100 系列定时器/计数器/分析仪
MCA3000 系列微波计数器/分析仪

用户手册

077-0504-01

Tektronix

FCA3000 和 FCA3100 系列定时器/计数器/分析仪
MCA3000 系列微波计数器/分析仪

用户手册

www.tektronix.com
077-0504-01

Tektronix

Copyright © Tektronix. 保留所有权利。许可软件产品由 Tektronix、其子公司或提供商所有，受国家版权法及国际条约规定的保护。

Tektronix 产品受美国和外国专利权（包括已取得的和正在申请的专利权）的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改技术规格和价格的权利。

TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。

TimeView 是 Pendulum AB 的商标。

Tektronix 联系信息

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

有关产品信息、销售、服务和技术支持：
- 在北美地区，请拨打 1-800-833-9200。
- 其他地区用户请访问 www.tektronix.com，以查找当地的联系信息。

保证声明

Tektronix 保证，本产品自发货之日起三 (3) 年内不会出现材料和工艺缺陷。 如果在保修期内证明任何此类产品有缺陷，Tektronix 将会选择对缺陷产品进行维修或更换，不收部件和人工费用。 Tektronix 作保证用途的部件、模块和更换产品可能是全新的，或者经修理具有相当于新产品的性能。 所有更换的部件、模块和产品将成为 Tektronix 的财产。

为得到本保证声明承诺的服务，客户必须在保修期内向 Tektronix 通报缺陷，并为服务的履行做适当安排。 客户应负责包装缺陷产品并托运到 Tektronix 指定的维修中心，同时预付运费。 如果产品运送到 Tektronix 维修中心所在国之内的地点，Tektronix 应支付向客户送返产品的费用。 如果产品送返到任何其他地点，客户应负责支付所有的运费、关税、税金及任何其他费用。

本保证声明不适用于由于使用不当或者维护保养不当或不足所造成的任何缺陷、故障或损坏。 Tektronix 在本保证声明下没有义务提供以下服务：a) 修理由非 Tektronix 服务代表人员对产品进行安装、修理或维护所导致的损坏；b) 修理由于使用不当或与不兼容的设备连接造成的损坏；c) 修理由于使用非 Tektronix 提供的电源而造成的任何损坏或故障；d) 维修已改动或者与其他产品集成的产品（如果这种改动或集成会增加产品维修的时间或难度）。

本保证由 TEKTRONIX 关于本产品而订立，用于替代任何其他的明示或暗示的保证。 TEKTRONIX 及其供应商拒绝对用于特殊目的的适销性或适用性做任何暗示的保证。 对于违反本保证的情况，TEKTRONIX 负责修理或更换有缺陷产品是提供给客户的唯一和独有的补救措施。 无论 TEKTRONIX 及其供应商是否被预先告知可能发生任何间接、特殊、意外或引发的损坏，TEKTRONIX 及其供应商对这些损坏都不负有责任。

[W4 - 15AUG04]

目录

常规安全概要 iii
前言 v
关于本手册 v
功能 v
功能强大而且多样 vi
不出差错 vi
设计革新 vi
远程控制 vii
开箱 1
标准附件 1
标识 1
安装 1
认识仪器 3
前面板 3
输入连接器 4
后面板 5
主屏幕 6
控件 9
输入数字值 13
菜单 13
输入信号调节 19
输入控制 19
如何降低或忽略噪声和干扰 23
频率测量 27
测量理论 27
输入 A、B 32
输入 C 33
比率 A/B、B/A、C/A、C/B 33
突发脉冲 A、B、C 33
调频信号 36
调幅信号 39
周期 41
频率 42
时间测量 43
简介 43
时间间隔 44
上升/下降时间 A/B 44
时间间隔误差 (TIE)（仅 FCA3100 系列） 45
脉冲宽度 A/B 46

占空系数 A/B 46
时间测量误差 46
相位测量 48
分辨率 48
可能的误差 48
总计（仅 FCA3100 系列） 52
电压测量 56
V_{MAX}、V_{MIN} 和 V_{PP} 56
V_{RMS} 56
数学和统计测量 58
平均 58
数学 58
统计 59
极限测试 63
启动 65
指导原则 65
开始和停止启动 65
启动输入信号 67
启动和建立时间 68
启动示例 69
启动和模板 74
附录 A: 默认仪器设置 77
附录 B: 控制测量定时 79
测量过程 79
索引

常规安全概要

详细阅读下列安全性预防措施，以避免人身伤害，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。

为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

只有合格人员才能执行维修过程。

使用此产品时，可能需要接触到大系统的其他部分。请阅读其他组件手册的安全性部分中的有关操作此系统的警告和注意事项。

避免火灾或人身伤害

使用合适的电源线。 请只使用本产品专用并经所在国家/地区认证的电源线。

正确连接并正确断开连接。 探头或测试导线连接到电压源时请勿插拔。

将产品接地。 本产品通过电源线的接地导线接地。为避免电击，必须将接地导线与大地相连。在对本产品的输入端或输出端进行连接之前，请务必将本产品正确接地。

遵守所有终端额定值。 为避免火灾或电击，请遵守产品上的所有额定值和标记。在对产品进行连接之前，请首先查阅产品手册，了解有关额定值的详细信息。

输入端的额定值不适用于连接到市电或 II、III 或 IV 类型电路。

对任何终端（包括公共终端）施加的电压不要超过该终端的最大额定值。

断开电源。 电源线可以使产品断开电源。不要阻挡电源线；用户必须能随时触及电源线。

切勿开盖操作。 请勿在外盖或面板打开时运行本产品。

怀疑产品出现故障时，请勿进行操作。 如果怀疑本产品已损坏，请让合格的维修人员进行检查。

远离外露电路。 电源接通后，请勿接触外露的线路和元件。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易燃易爆的环境中操作。

请保持产品表面清洁干燥。

请适当通风。 有关如何安装产品使其保持适当通风的详细信息，请参阅手册中的安装说明。

本手册中的术语

本手册中可能出现以下术语：

警告： “警告”声明指出可能会造成人身伤害或危及生命安全的情况或操作。

注意： “注意”声明指出可能对本产品或其他财产造成损坏的情况或操作。

产品上的符号和术语

产品上可能出现以下术语：

- “危险”表示当您阅读该标记时会立即发生的伤害。
- “警告”表示当您阅读该标记时不会立即发生的伤害。
- “注意”表示可能会对本产品或其他财产带来的危险。

产品上可能出现以下符号：

前言

关于本手册

本手册介绍 FCA3000 和 FCA3100 系列定时器/计数器/分析仪以及 MCA3000 系列微波计数器/分析仪的操作信息。

为方便参考，对于所有仪器都共有的功能未提及仪器名称。 特殊仪器或仪器系列所特有的功能则清楚标明。

仪器参考：

- **FCA3X00** 表示任何 FCA3000 系列或 FCA3100 系列仪器
- **FCA3000** 表示任何 FCA3000 系列仪器（FCA3000、FCA3003、FCA3020）
- **FCA3100** 表示任何 FCA3100 系列仪器（FCA3100、FCA3103、FCA3120）
- **MCA3000** 表示任何 MCA3000 系列仪器（MCA3027 或 MCA3040）

功能

- 测量频率范围达 40 GHz
- 市面上最快的微波计数器（采集时间为 25 ms）
- 业界唯一带图形显示的频率计数器
- 高分辨率，单次可达 50 ps（时间），即相当于 12 位/秒（频率）
- 同时显示信号频率和电压参数
- 触发灵敏度为 15 mV_{rms}，从直流到 200 MHz
- 电压分辨率达 1 mV
- USB/GPIB 总线传输速度高，每秒多达 15k 次测量（块模式）
- 零停滞时间频率/周期测量
- 最佳的恒温晶体振荡器 (OCXO) 时基选项（1.5 E-8/年）
- MCA3000 系列提供微波载波频率测量以及低至 40 ns 的极短突发脉冲测量
- 0.5 Hz 至 50 MHz 的可编程脉冲输出（FCA3100 系列）
- 10 MHz 基准输出振荡器
- 测量统计、直方图以及趋势图模式
- 前后输入连接选项

功能强大而且多样

新型仪器具备独特的性能特点即全面的启动选项，可以虚拟方式表征任何类型频率和时间相关的复合信号。

例如，可在外部启动条件与仪器实际启动之间插入延迟。 请在第 5 章“测量控制”中了解有关启动的更多内容。

除了定时器/仪器的传统测量功能以外，这些仪器还拥有诸多其他功能，例如相位、占空系数、上升/下降时间以及峰值电压。 仪器可在输入 A 和输入 B 上执行所有测量功能。大多数测量功能均可通过其中一个主输入或使用单独的启动通道 (E) 来启动。

通过内置的数学及统计功能，仪器可在内部处理测量结果，无需外部控制器或软件。 数学功能包括反转、缩放和偏置。 统计功能包括最大值、最小值和平均值、标准偏差以及艾伦偏差，取样大小可高达 $2*10^9$。

不出差错

很快您将发现通过直观的仪器用户界面，可或多或少地明白仪器的使用。菜单树层级较少，方便定时器/仪器的操作。 大尺寸背光式图形 LCD 是信息中心，可同时显示多个信号参数以及设置状态和操作人员消息。

统计数据基于测量取样，除了标准的数字测量结果（如最大值、最小值、平均值和标准偏差）以外，还可以方便地用直方图或趋势图呈现出来。

AUTO（自动）功能可自动在任何输入波形上触发。 总线学习模式简化了 GPIB 编程。 通过总线学习模式，仪器手动设置可传输至控制器用于以后的再次编程。 如果您只是偶尔用到总线，不用学习每台仪器设置的代码和语法。

设计革新

顶尖技术造就经久耐用的品质

这些计数器带有与生俱来的高质量和耐用性。 其设计高度集成化。 数字计数电路仅为一块定制开发的 FPGA 和一块 32 位微控制器。 高度集成化和极低的元器件数量降低了功耗，使平均故障间隔时间 (MTBF) 达到 30,000 小时。 现代表面贴装技术保证极高的生产质量。 另一大优点是其坚固的机械结构，所用的金属柜可抵御机械振动并提供 EMI 保护。

高分辨率

本仪器中采用倒数内插计数，所有频率都能达到 12 位/秒的绝佳相对分辨率。

测量与输入周期同步，代替与时基同步。 同时，通过正常的“数字”计数，仪器对开始/停止触发事件到下一个时钟脉冲之间的时间进行模拟测量。 这种测量是在四个相同的电路中完成的，从触发事件开始，以恒定电流对积分电容器进行充电。 在接下来的第一个时钟脉冲的上升沿停止充电。 积分电容器中的储存的电荷代表开始触发事件与接下来第一个时钟脉冲上升沿之间的时间差。 对于停止触发事件进行类似的充电积分。

当测量的“数字”部分就绪后，由模拟/数字转换器对电容器中储存的电荷进行测量。

仪器在完成所有测量后计算结果，即数字时间测量和模拟内插测量。 结果就是基本数字分辨率从 ±1 时钟脉冲 (10 ns) 降至 100 ps（FCA3000 系列）和 50 ps（FCA3100 系列）。

由于测量与输入信号同步，因此频率测量的分辨率非常高而且与频率无关。 计数器有 14 个显示位，因此显示器本身并不限制分辨率。

远程控制

本仪器通过两种接口进行编程：GPIB 和 USB。

GPIB 接口提供完整的常用功能，符合最新的在用标准 IEEE 488.2 1987（硬件）以及 SCPI 1999（软件）。 同时还有一种 GPIB 模式来模拟 Agilent 53131/132 命令集，以方便运行的 ATE 系统更换仪器。

USB 接口主要用于与可选的 TimeView™ 分析软件配合使用。 通信协议为 SCPI 的专有版本。

快速 GPIB 总线

这些转换器不仅功能强大而且用途多样，同时还具备快速总线通信功能。总线传输速率高达每秒 2000 个已触发的测量。至内部存储器的阵列测量可达到每秒 250 k 个测量。

这种极高的测量速度使新型测量成为可能。 例如，可在数万个脉冲宽度测量中的几十个上面执行抖动分析，并在一秒钟内完成捕获。

详细的程序员手册介绍了所提供的基于 SCPI 的编程命令。

仪器在 GPIB 环境中使用非常方便。 内置的总线学习模式允许手动完成全部仪器设置，然后将其传输到控制器。 其响应可在以后用于以同样的设置对仪器进行重新编程。 这样，偶尔使用仪器的用户就无需学习全部的编程代码。

完整（手动设置）的仪器设置也可存储在 20 个内部存储器位置内，并可方便地调出。 其中十个内部存储器位置可为用户保护。

开箱

检查发运货品是否完整，运输过程中是否出现损坏。 如果货品不完整或已损坏，请立即向承运商提出索赔。 同时，请通知您当地的 Tektronix 代表以备进行维修或更换。

标准附件

请参阅《FCA3000 和 FCA3100 系列定时器/计数器/分析仪及 MCA3000 系列微波计数器/分析仪快速入门用户手册》了解标准附件清单。

标识

后面板上的识别标签上显示了仪器的型号、序列号和配置信息。（ 见第5页，*后面板*）也可按下 **User Opt > About**（用户选件 > 关于）来显示仪器信息。

安装

电源电压

仪器可连接至电压 90-265 V_{rms}，45-440 Hz 的交流电源上。 仪器将自动调整至输入线路电压。

FCA3X00 或 MCA3000 系列仪器上没有用户可维修的保险丝。

注意： 如果此保险丝熔断，可能是电源已严重损坏。 **切勿**更换保险丝。请将仪器送往 Tektronix 维修中心。 开盖进行维修、保养和调整的工作只能由合格且经过培训的人员来完成，他们非常清楚其中的危险。

在保修期内如果未经授权打开仪器，将会造成保修承诺失效。

接地

线路电源中的接地故障可能使所连接的任何仪器出现危险。 在将任何单元连接到电源线之前，必须确保保护地工作正常。 然后才能将单元连接到电源线上，并且只能使用三线电缆。 不允许采用其他接地方法。 电缆延长线一定要带有保护地导线。

注意： 如果某个单元从冷处移到暖处，则出现的凝结水可能造成电击。将仪器放置几个小时使凝结水蒸发，然后才能使用。 确保严格遵守仪器的接地要求。

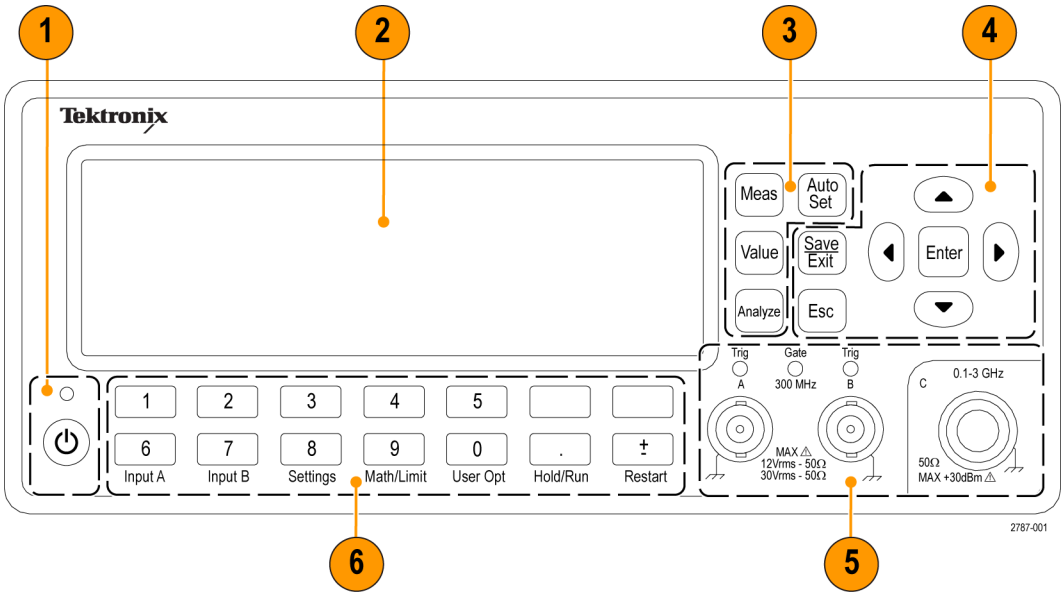
警告： 严禁断开接地电缆。 无论断开仪器内部或外部的保护地连接，或者断开保护地端子连接，都可能造成电击。

方向和冷却

仪器工作时可处于任何位置。 不要堵塞侧面板上通风孔的气流： 仪器的侧面和后面留出 5 公分（2 英寸）空间。 仪器还带有下折支脚以备在工作台上使用。

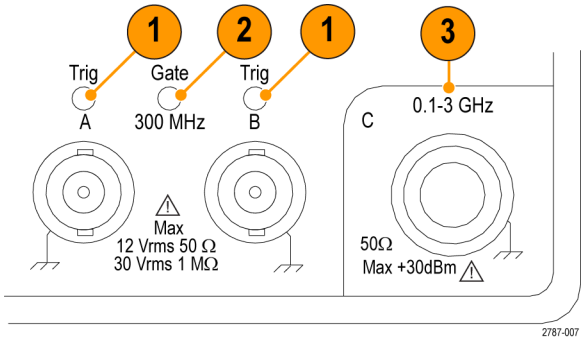
认识仪器

前面板



1. 电源按钮（ 见第9页， *电源按钮*）
2. 主屏幕（ 见第6页， *主屏幕*）
3. 测量按钮（ 见第9页， *测量按钮*）
4. 导航按钮（ 见第10页， *保存/退出按钮*）
5. 输入连接器（ 见第4页， *输入连接器*）
6. 键盘按钮（ 见第11页， *小键盘按钮*）

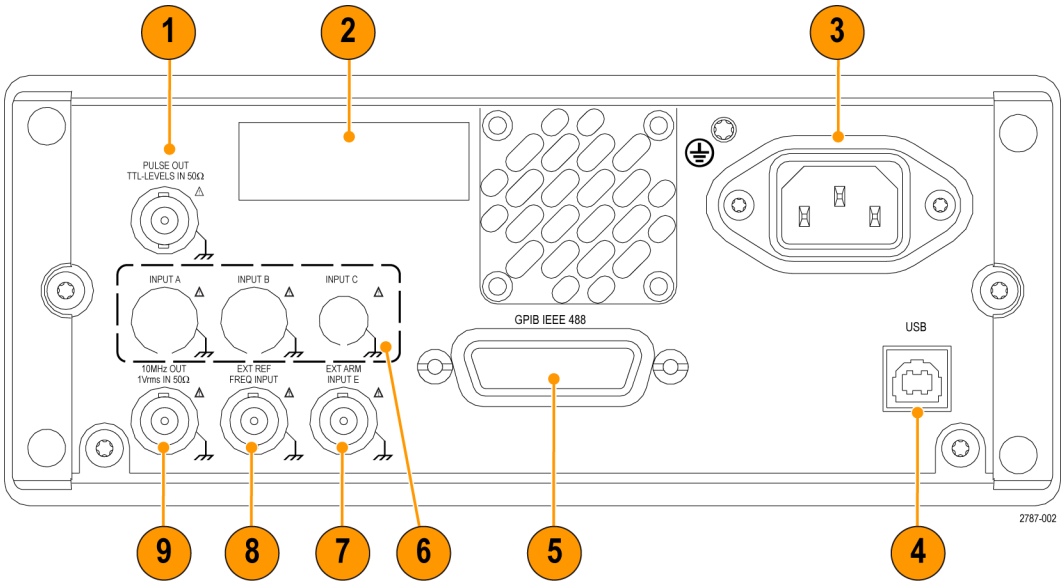
输入连接器



1. 输入 A 和 B 输入和触发指示器。 触发 LED 闪烁表示正确触发。
2. 选通指示器。当计数器在统计输入周期数时，Gate（选通）指示器就会亮起。
3. 输入 C 预定标器（3 GHz 或 20 GHz，FCA3000 和 FCA3100 系列）或下变频器（27 GHz 或 40 GHz，MCA3000 系列），用于测量较高的频率。

说明： 出厂选件 RP 将 FCA3000 系列和 FCA3100 系列仪器的输入连接器从前面板移至后面板。Gate（选通）和 Trig（触发）A/B LED 指示器仍位于前面板上。 选件 RP 不适用于 MCA3000 系列仪器。

后面板

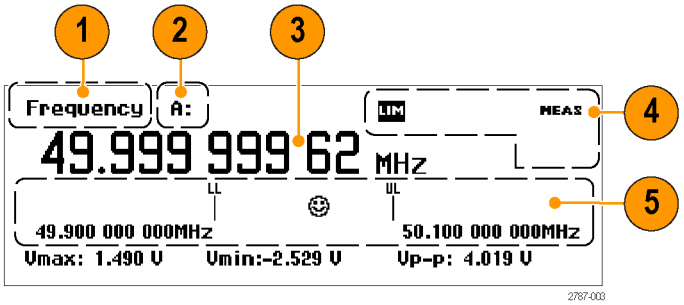


1. 脉冲输出连接器（仅适用于 FCA3100 系列）。
2. ID 标签，包括型号、序列号和安装的选件编号。
3. 线路电源连接器。
4. USB 2.0 12 Mb/s 端口，用于连接 PC。
5. GPIB 端口，用于连接控制器。
6. 可选的后面板输入连接器。 出厂选件 RP 将前面板输入连接器移至后面板上。不适用于 MCA3000 系列仪器。
7. 外部启动输入连接器（用于外部启动（同步）测量）。 也可从 Setting（设置）菜单中选择输入 A 和输入 B 用于测量启动。
8. 外部基准输入连接器。 如果在 Settings（设置）菜单中将 Measurement Reference（测量基准）设置为 Auto（自动），则只要存在有效的信号，此输入就会被自动选择。
9. 10 MHz 输出连接器。提供源自活动测量基准（内部或外部基准）的基准信号。测量基准源在 Settings（设置）菜单中设定。

主屏幕

仪器使用单色 LCD 显示信号源、仪器测量结果（数字和图形）和菜单项。所显示的项目内容取决于显示模式。

测量值模式



按下 Value（值）按钮即可显示当前测量的高分辨率数字读数。

1. 当前测量项。
2. 测量信号源。 如果主测量读数为统计测量，此文本还显示统计测量的类型（例如 A MEAN:）
3. 主测量读数。屏幕底部的读数显示源信号的电气信息。读数或显示会随测量项或分析模式而变化。
4. 测量状态。 显示数学或极限测试模式（MATH 或 LIM）、测量/保持/单次测量状态（MEAS、HOLD、SING）以及远程 GPIB 控制状态 (REM)。在所有显示模式下都会显示测量状态。

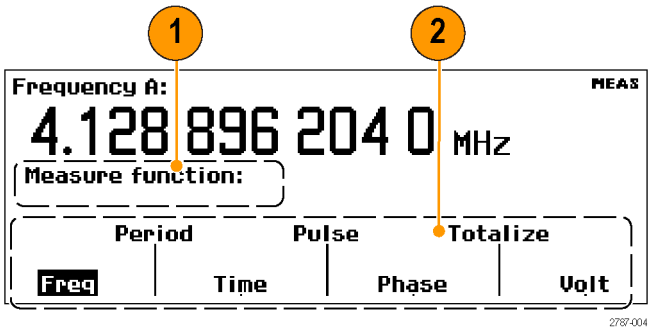
说明： 当仪器处于远程控制模式时，通常屏幕上显示正在进行的测量。但是，TimeView 会关闭屏幕以加快测量速度： 屏幕显示消息 Display OFF（显示关闭），测量状态为 REM（远程），前面板按钮除了 Esc 以外都被禁用。 按下 Esc 按钮即向远程设备发送 Return To Local（返回到本地）消息并将仪器返回到本地模式。

如果通过远程连接编程 Local Lockout（本地锁定），则无法使用 Esc 键将仪器返回本地模式。

5. 极限告警读数（如果启用）。下限 (LL) 和上限 (UL) 设置显示为带有关联极限值的垂直条。 表情符号显示相关的测量值和极限通过/不通过状态（测量值在极限范围内时显示笑脸，测量值在极限范围之外时显示皱眉表情）。当测量值超出极限时，屏幕顶部的 LIM（极限）状态文本会闪烁，即使测量值恢复到极限范围内也会继续闪烁。 按下 Restart（重启）即复位 LIM 状态。

菜单模式

按下一个菜单按钮（例如 Meas（测量）或者小键盘下部任何按钮）将把屏幕下部区域替换为该按钮的菜单项。

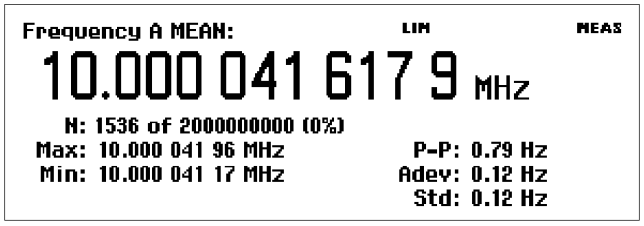


1. 菜单路径显示当前菜单选项的路径。
2. 菜单显示可用的菜单选项。按下某菜单项正下方的小键盘按钮可选择该项和/或打开下一级别的菜单。当前选项以反白文本显示。 另外，还可以使用导航箭头按钮突出显示和选择菜单项。

分析模式

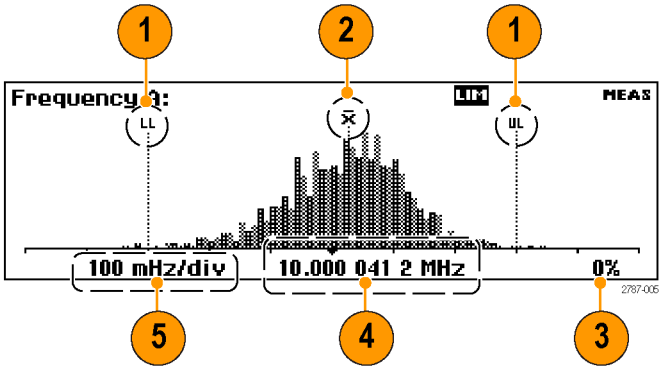
分析模式（可通按下 Analyze（分析）按钮进入）应用基本的统计分析，通过数字、直方图或趋势统计分析读数方式显示测量。

数字显示：仪器进行连续测量并以数字统计读数显示测量结果。



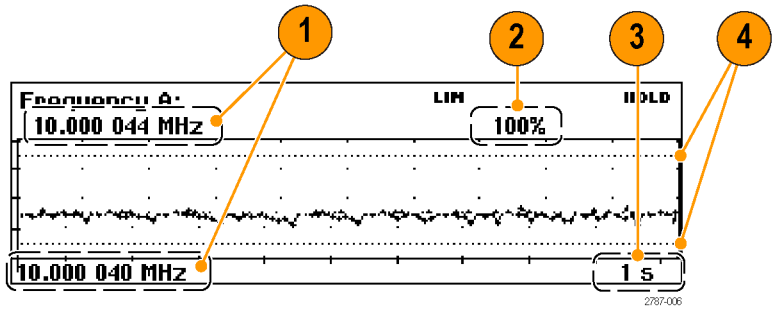
- MEAN： 主测量值显示 N 个取样的移动平均值
- N： 测量取样数（在 Settings > Stat（设置 > 统计）菜单中设置）
- Max、Min： 最大测量值和最小测量值
- P-P： 峰-峰偏差
- Adev： 艾伦偏差
- Std： 标准差

直方图显示：仪器以直方图形式显示连续的测量结果。水平轴上的容器数量在 Settings > Stat（设置 > 统计）菜单中设置。



1. 上限和下限告警电平（如果启用）。当极限测试处于活动状态时，仪器会自动缩放图形以显示直方图和极限。仪器仅使用极限范围内的数据进行自动缩放；对于可见图形区域之外的测量值，显示屏左边沿或右边沿将会显示一个箭头。
2. 移动平均测量位置 (X̄)。
3. 测量完成的百分比。
4. 图形中心（以黑色三角形标记）和相应频率。
5. 每格的图形水平标度。极限告警（如果有效）将标度设置为显示当前测量值和极限设置。仪器根据测得的数据持续自动缩放直方图容器。

趋势图显示：仪器进行连续测量并按时间的发展绘制测量值的点线图。此模式有助于观察波动或测量值的偏差趋势。 设定的取样数完成后，趋势图将会停止（如果激活 HOLD（保持））或者重新启动（如果激活 RUN（运行））。趋势图会根据测得的数据连续自动缩放，重新启动时以 0 为起点。极限告警（如果有效）以水平线显示。



1. 趋势图显示的上段和下段频率范围。趋势图会根据测得的数据持续自动缩放以显示测量趋势值。
2. 测量完成的百分比。

3. 每格的水平单位。
4. 极限告警电平（如果有效）。当极限测试处于活动状态时，仪器会设置图形标度以显示测量趋势图和极限值（水平虚线）。

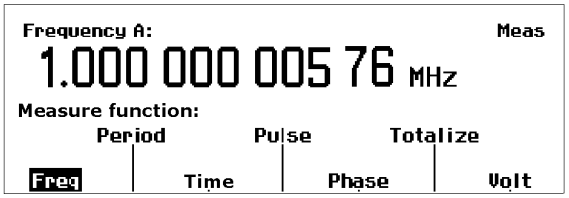
控件

电源按钮

按**电源**按钮即可接通或断开仪器电源。 电源按钮是一个二次电源开关，有些仪器一连接电路电源就会通电，按钮上的红色 LED 显示通电。要从仪器上完全断开电源，请断开电源线。

测量按钮

使用 **Meas（测量）**按钮可在屏幕底部显示仪器测量菜单。 按下某一菜单项正下方的菜单按钮可选择该菜单项并根据需要打开子菜单。



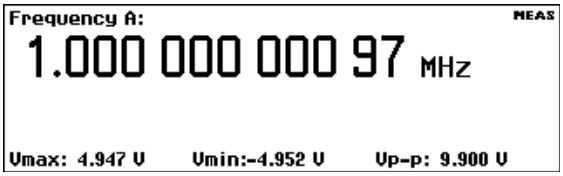
典型的测量值包括频率、周期、时间、脉冲、相位、总计（仅适用于 FCA3100 系列）和伏特。 测量菜单的内容取决于仪器型号和配置。

当前选项以反白文本显示（也指示出光标位置）。 按下菜单项下面相应的菜单软键，即可选择所需的测量功能。

也可使用**向左**和**向右**箭头按钮移动光标，选择其他菜单项。 按下 **Enter** 即表示确认。

值按钮

使用 **Value（值）**按钮可显示当前测量的数值。仪器还会在屏幕下方显示补充测量值。



分析按钮

使用 **Analyze（分析）**按钮可通过三种统计分析显示模式之一显示当前测量值。 反复按下 Analyze（分析）按钮可循环出现统计显示模式。(见第7页，*分析模式*)

自动设置按钮

使用 **Auto Set**（自动设置）按钮可为测量功能和输入信号幅度（对相对正常的信号而言）自动设置触发电平。这样可以快速设置仪器以便显示测量值。

按一次 Autoset（自动设置）按钮将执行以下操作：

- 设置自动触发电平
- 将衰减器设置为 1x
- 打开显示器
- 将 Auto Trig Low Freq（自动触发低频）值设置为下面的一种：
  - 100 Hz，如果 f_{in} ≥100 Hz
  - f_{in}，如果 10 < f_{in}< 100 Hz
  - 10 Hz，如果 f_{in} ≤10 Hz

在两秒钟时间内按两次 Autoset（自动设置）按钮将执行一次更细致的**预设**操作。 除了单按 Autoset（自动设置）的功能以外，还将设置以下参数：

- 将 **Meas Time**（测量时间）设置为 **200 ms**
- 关闭 **Hold-Off**（释抑）
- 将 **Hold/Run**（保持/运行）设置为 **Run**（运行）
- 关闭 **Math/Limit**（数学/极限）
- 关闭 **Analog**（模拟）和 **Digital Filters**（数字滤波）
- 将 **Timebase Ref**（时基参考）设置为 **Auto**（自动）
- 关闭 **Arming**（启动）

通过调出出厂默认设置，可执行更为全面的预设功能。

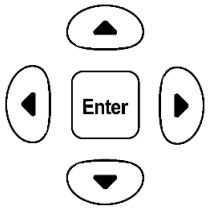
保存/退出按钮

使用 **Save/Exit（保存/退出）**按钮确认当前选择并退回到上一级菜单。

Esc 按钮

使用 **Esc** 按钮直接退回到上一级菜单而不确认当前选择。

箭头和 Enter 按钮

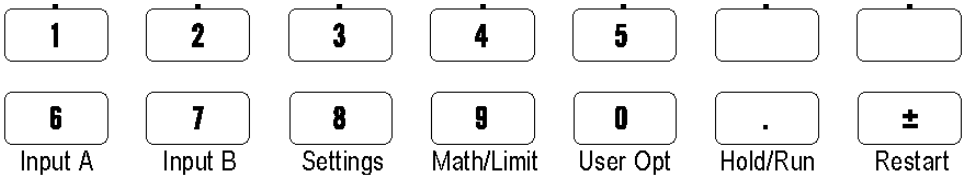


根据仪器模式的不同，**箭头**和 **Enter** 按钮可提供多种功能：

- **菜单模式：** 使用左箭头、右箭头和 Enter 按钮可显示并选择菜单项。
- **数字输入模式：**使用左箭头按钮可清除设置字段中最右端的数字。使用上箭头和下箭头按钮可增加或减小设置字段中的数值（以 1-2-5 的方式）。
- 使用 **Enter** 按钮可接受显示的值或选定的菜单项。
- **LCD 屏幕对比度：** 当仪器不在显示菜单或提示输入时，使用上下箭头按钮可设置 LCD 屏幕对比度。

小键盘按钮

使用小键盘按钮可选择菜单项，打开仪器配置菜单以及输入参数值。



使用**数字**按钮（按钮 0-9、. 和 ±）可在参数字段内输入数字参数值。

使用**菜单软键**按钮（第一行的按钮 1-5 和两个空白按钮）可选择相应的屏幕菜单项。

使用**菜单**按钮（输入 A 至 User Opt（用户选项），在小键盘的最后一行）可显示该按钮的菜单。

输入 A、输入 B: 使用 **Input A**（输入 A）或 **Input B**（输入 B）按钮可显示并配置选定通道的输入通道设置。 Input A（输入 A）和 Input B（输入 B）菜单提供了与通道相关的设置，包括触发斜率、信号耦合（交流或直流）、输入阻抗（50 Ω 或 1 MΩ）、输入衰减（1x 或 10x）、触发模式（手动或自动）、触发电平（手动触发模式下）和滤波器（频率截止）。 输入 A 和 B 的菜单是相同的。

要设置特定的触发电平，请选择 **Manual**（手动）触发模式，选择 **Trig**（触发）菜单项，然后使用导航箭头按钮来增加/减小值。 也可使用数字按钮并按 **Enter** 来输入值。

Filter Settings（滤波器设置）菜单允许选择固定的 100 kHz 模拟滤波器或可调的数字滤波器。 如果从菜单中选择 Digital LP Frequency（数字低通频率），则可以使用打开的值输入菜单来设置等效截止频率。

说明： 在测量上升时间或下降时间时，始终要使用 Auto（自动）触发电平。

设置: 使用 **Settings**（设置）按钮可显示测量设置配置菜单。 Settings（设置）菜单提供了与测量相关的设置，包括测量时间（用于频率测量）、突发脉冲（用于脉冲调制信号）、启动（条件测量开始/停止）、触发释抑（停止触发延迟）、统计（统计测量的设置）、时基基准（内部或外部）和杂项（例如输入信号超时时间段和自动触发低频设置）。

数学/极限: 使用 **Math/Limit**（数学/极限）按钮显示数学和极限测试配置菜单。Math（数学）菜单提供了预定义的公式和用户定义的常数，用于对测量结果进行数学后处理。数学处理的典型用途是转换测量值，以便将作为待测信号一部分的混音器或倍增器考虑在内。

通过 Limits（极限）菜单可设置数字极限以及选择仪器报告极限违例的方式。

用户选项: 使用 **User Opt**（用户选项）按钮可显示用户选项配置菜单。User Options（用户选项）菜单提供了多个仪器设置，包括保存或调出仪器设置（非易失性存储器中最多二十个用户设置，各带有唯一的标签）、总线接口选择（USB 或 GPIB）、GPIB 总线配置（模式、地址）、仪器自检、条件输出信号设置（仅适用于 FCA3100 系列）和仪器配置信息（型号、序列号、固件和配置）。

“用户选项”菜单还提供仪器校准功能。这种内部校准过程需要密码访问。请参阅《FCA3000 和 FCA3100 系列定时器/计数器/分析仪及 MCA3000 系列微波计数器/分析仪技术参考手册》了解如果进行内部仪器校准。

保持/运行: 使用 **Hold/Run**（保持/运行）按钮可控制测量值采集。 按下此按钮可在运行（不断采集测量值）和保持（测量暂停）模式之间进行切换。仪器处于测量保持模式时，屏幕右上角的测量指示器将从 MEAS（测量）变为 HOLD（保持）。再次按下 Hold/Run（保持/运行）按钮可继续正常（连续）测量模式。

要进行单次测量，请将仪器置于 Hold（保持）模式，然后按下 Restart（重启）按钮。仪器进行单次测量时，屏幕右上角的测量指示器将从 HOLD（保持）变为 SING（单次）。

重启: 使用 **Restart**（重启）按钮可清除测量值，然后重新进行测量。这在输入信号发生更改后需要启动新测量时（尤其是使用较长的测量时间时）十分有用。 当仪器处于 Hold（保持）模式时，使用此按钮进行单次测量。

重启不会影响任何仪器设置。

输入数字值

有时候可能需要在菜单字段内输入常数和极限。 也可能所选择的值不在所提供的固定值列表中，方法是按**上/下**箭头按钮，或者将输入的值距原始值太远，不方便使用增加或减小的方法来输入。

要输入数字值，请使用数字按钮（**0-9**、**.** （小数点）和 **±**（更改符号））。

也可以使用科学记数格式输入值。 **EE**（输入指数）软键允许在输入基数和指数之间切换。

按 **Save|Exit**（保存|退出）储存新值，或者按 **Esc** 退出菜单而不保存值（保留当前值）。

菜单

输入 A、输入 B 菜单

输入 A 和输入 B 菜单提供配置每一个通道所需的设置。 输入 A 和输入 B 菜单的内容是相同的。

表 1: 输入 A、输入 B 菜单

项目	说明
Slope（斜率）	在信号的上升或下降边沿上触发。
Signal coupling（信号耦合）	交流或直流。
Input impedance（输入阻抗）	1 MΩ 或 50 Ω。
Input signal attenuation（输入信号衰减）	1x 或 10x。
Trigger Mode（触发模式）	设置信号触发电平模式（**自动**或**手动**）。 如果在 Auto（自动）触发模式下，使用 Trig（触发）菜单项可将触发电平手动设置为幅度的百分比。 如果在 Man（手动）触发模式下，使用 Trig（触发）菜单项可输入触发值。 **说明： 在测量上升时间或下降时间时，始终要使用 Auto（自动）。**

表 1: 输入 A、输入 B 菜单（续）

项目	说明
Trig（触发）	设置信号触发电平。 所显示的值为当前信号电平。
Filter（滤波器）	设置固定的 100 kHz 模拟或可调的数字截止滤波器。 使用 Digital LP Frequency（数字低通频率）菜单可设置特定的频率。

设置菜单

使用 Settings（设置）菜单可配置测量参数。

表 2: 设置菜单

项目	说明
Meas Time（测量时间）	设置测量的时间长度。 此菜单可用于频率测量。 测量时间越长，每秒的测量数就越少，分辨率也就越高。
Burst（突发脉冲）	设置与脉冲调制（突发脉冲）信号测量相关的参数。 如果选定的测量为 **Meas > Freq > Freq Burst**（测量 > 频率 > 频率突发脉冲），则可用 Burst（突发脉冲）设置菜单。 载波频率和调制频率（脉冲重复频率 (PRF)）均可测量，通常无需外部启动信号的支持。
Arm（启动）	设置测量的开始和停止参数。 “启动”是表示控制测量的实际开始和结束时间的普通术语。 当检测到指定的预触发条件时，正常的自由运行模式被禁止，开始触发。 用于发起启动的一个或多个信号可应用到三个通道上（A、B 或 E），开始通道可不同于停止通道。 所有条件均可使用这个菜单来设置。
Trigger Hold Off（触发释抑）	设置测量开始后的延迟，在这段延迟内将忽略停止触发条件。 典型应用为忽略跳动继电器触点所产生的信号。
Stat（统计）	设置统计测量参数： ■ 各种统计测量中计算所用的取样数。 ■ 直方图视图中容器的个数。 ■ 打开或关闭 Pacing（调步）（测量之间的延迟），在 2 µs - 500 s 之间设置延迟时间。
Timebase（时基）	为测量设置 **Internal**（内部）或 **External**（外部）的时基基准。 第三种选择是 **Auto**（自动）。 这样，如果基准输入上存在有效信号，则选择外部时基。 屏幕右上角处的 EXT REF 指示器显示仪器正在使用外部时基基准。

表 2: 设置菜单 （续）

项目	说明
Misc（杂项）	设置杂项测量参数： **Interpolator Calibration**（插值器校准）启用或禁用仪器的插值器校准，它可以牺牲精度为代价提高测量速度。
	Smart Measure（智能测量）设置： ■ **Smart Time Interval**（智能时间间隔）（适用于时间间隔测量），使用时间标记来确定哪个测量通道比另一个提前。 ■ **Smart Frequency**（智能频率）（适用于频率或周期平均测量），使用连续的时间标记和回归分析来提高测量 0.2 s 至 100 s 时间的分辨率。
	Timeout（超时）启用或禁用超时功能，设置仪器对测量完成所等待的最长时间，超过此时间仍未完成则输出零结果。范围是 10 ms 至 1000 s。
	Auto Trig Low Freq（自动触发低频）设置自动触发和电压测量的频率下限，范围 1 Hz 至 100 kHz。 极限越高，则稳定时间越快，测量也就越快。
	Input C Acq（输入 C 采集）（仅 MCA3000 系列）设置： ■ **Acquisition**（采集）模式为 **Auto**（自动）（扫描有效输入信号的整个指定的频率范围）或 **Manual**（手动）（扫描有效输入信号的指定中心频率两侧的狭窄频带）。 在测量突发脉冲信号时需要使用手动模式，但如果知道近似频率，对调频信号也建议采用手动模式。 手动模式的另一特点是测量结果显示得更快，原因是跳过了采集过程。 请注意，手动捕获范围之外的信号频率可能导致错误结果。为引起操作人员对这种可能性的注意，仪器将在屏幕右上角显示指示器 **M.ACQ**。 ■ **Freq C Center**（频率 C 中心）值。
	TIE（时间间隔误差）（仅 FCA3100 系列）设置仪器自动选择基准频率（**Auto**（自动））或手动输入频率（**Manual**（手动））。 TIE 测量使用连续时间标记来观察较长时间范围内表面上稳定信号中的缓慢相位移动（漂移）。

数学/极限菜单

Math/Limit（数学/极限）菜单可用于设置将数学计算应用于测量，并使仪器执行极限测试。

表 3: 数学子菜单

项目	说明
Math（数学）	使用此菜单可从五个公式中选择并应用到测量结果中，或者选择 Off（关闭）以禁用数学函数。 可用公式如下： K*X + L K/X + L (K*X + L)/M (K/X + L)/ M X/M - 1 K、L 和 M 为常数，可设为任意值。 X 表示当前未修改的测量结果。
K、L、M	公式中的常数，可设为任意值。

Limit（极限）子菜单允许设置极限测试条件以及极限违例行为。 (见第63页，*极限测试*)

表 4: 极限子菜单

项目	说明
Limit Behavior（极限行为）	设置仪器检测到极限违例时要执行的操作，或者禁用极限测试模式。
Limit Mode（极限模式）	设置极限测试边界类型（Upper（上限）、Lower（下限）或 Range（范围））。
Lower Limit（下限）	设置下限边界值。
Upper Limit（上限）	设置上限边界值。

用户选项菜单

User Opt（用户选项）菜单允许设置常用的仪器参数。

表 5: 用户选项菜单

项目	说明
Save/Recall（保存/调出）	保存或调出非易失性存储器内的最多二十个仪器配置设置或八个仪器数据集。 子菜单项包括： **Setup**（设置）： ■ **Save Current Setup**（保存当前设置）： 将当前仪器配置保存到指定的存储器内。 ■ **Recall Setup**（调出设置）： 从选定的储存器位置将当前仪器配置加载到仪器中。 使用 Default setup（默认设置）可将出厂默认设置加载到仪器中。 ■ **Modify Labels**（修改标签）： 编辑每个存储器位置相关的七个字符长的标签。 唯一标签便于记住该设置的用途。 ■ **Setup Protect**（设置保护）： 当 Setup Protect（设置保护）设置为 ON（开启）时，禁止访问头十个存储器位置。 关闭 Setup Protect（设置保护）将同时释放所有十个存储器位置。
	Dataset（数据集）： 保存或调出单个统计测量（仪器处于 Hold（保持）模式，按 Restart（重启）即采集一个单次测量）。 非易失性存储器中最多可保存八个数据集，每个数据集包含最多 32000 个取样。 如果未完成的测量超过 32000 个取样，则仅保存最后 32000 个取样。 仪器为每个数据集指定默认标签，该标签可以编辑。 ■ **Save**（保存）： 将当前统计测量保存到选定的存储器位置。 ■ **Recall**（调出）： 加载并显示选定的数据集。 ■ **Erase**（清除）： 清除选定的数据集。
	Total Reset（完全复位）： 恢复全部的出厂设置，清除所有用户信息（设置和数据集）。
Calibrate（校准）	此菜单条目仅供工厂校准时使用，受到密码保护。
Interface（接口）	设置活动的总线接口（GPIB 或 USB）以及关联的地址信息。 **Bus Type**（总线类型）： 选择 GPIB 或 USB。 **GPIB Mode**（GPIB 模式）： 选择 **Native**（内部）（此模式下使用的 SCPI 命令集完全利用本仪器系列的所有功能）或 **Compatible**（兼容）（本模式下使用的 SCPI 命令集兼容 Agilent 53131/132/181）。 **GPIB Address**（GPIB 地址）： 输入此仪器的 GPIB 仪器编号 (0 - 30)。

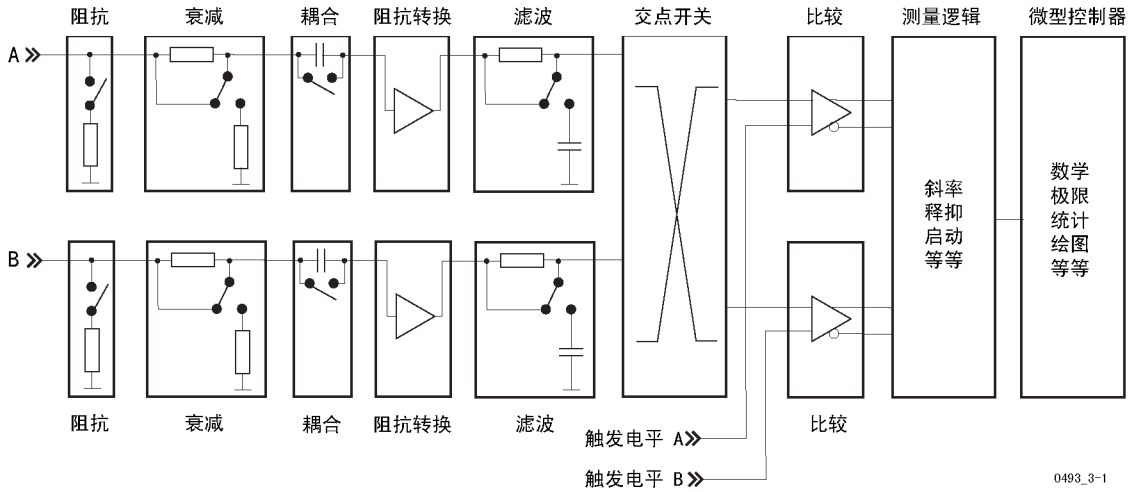
表 5: 用户选项菜单 (续)

项目	说明
Test（测试）	选择并运行特定的开机测试。 **Test Mode**（测试模式）： 选择单个的仪器自检，或者选择所有测试。 **Start Test**（开始测试）： 运行选定的测试。
Digit Blanks（位空白）	设置要掩盖的显示位数。 抖动测量结果通过掩盖一个或多个最低有效位，读起来将更加方便。 使用上下箭头更改数字，或者通过小键盘输入所需的数字（0 到 13 之间）。 屏幕上被掩盖的位显示为短横线。
About（关于）	显示仪器信息，包括型号、序列号、仪器固件版本、时基选项和校准日期，以及通道 C 频率上限（适用于带通道 C 选件的仪器）。

输入信号调节

仪器提供输入放大器，改变现实中变化多样的信号以适应仪器的测量逻辑中。 这些放大器有很多控制，需要了解这些控制如何配合工作以及如何影响信号。

以下框图显示输入信号的流动路径。 虽然并非完整的技术框图，但可帮助您了解这些控制。



按下 **Input A**（输入 A）或 **Input B**（输入 B）菜单按钮可访问输入信号控制。

输入控制

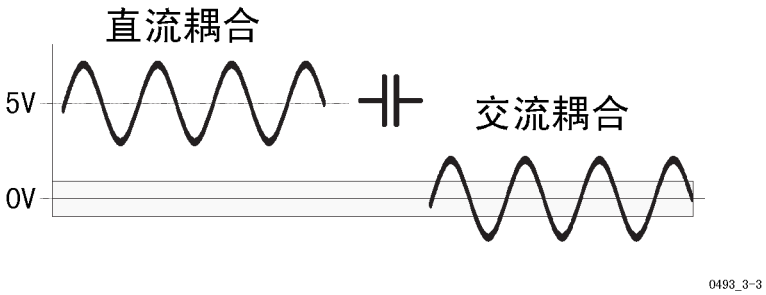
阻抗 在相应的 Input A（输入 A）或 Input B（输入 B）菜单中可将输入阻抗设为 1 MΩ 或 50 Ω。

注意： 当输入电压高于 12 V_{RMS} 时，如将阻抗切换到 50 Ω，可能会对输入电路造成永久性损坏。

衰减 通过切换标有 **1x/10x** 的菜单软键，可将输入信号幅度衰减 1 倍或 10 倍。

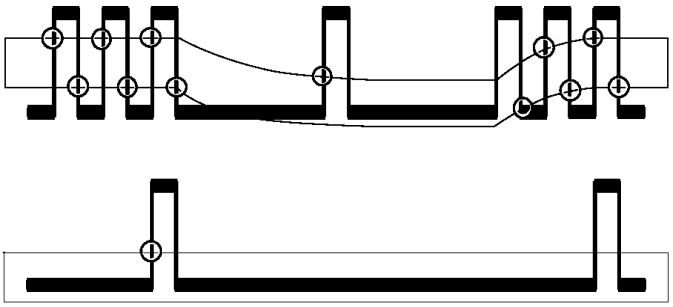
每当输入信号超过动态输入电压范围 ±5 V 时，或者衰减可降低噪声和干扰的影响时，需要使用衰减。 (见第23页，*如何降低或忽略噪声和干扰*)

耦合 通过切换软键 AC/DC 即可在交流耦合与直流耦合之间切换。



使用交流耦合功能可消除不必要的直流信号分量。 当交流信号叠加在直流电压上时，如直流电压高于触发电平设置范围，则始终要使用交流耦合。例如，在测量对称信号（如正弦波和方波/三角波）时，交流耦合将滤掉所有直流分量。 这意味着 0 V 触发电平始终居中于信号的中部，这时触发最稳定。

当信号的占空比在变化或者占空比很高或很低时，请使用直流耦合。 下图显示了在信号幅度低于触发迟滞带的情况下，脉冲是如何被错过的，或者根本就未发生触发。



信号滤波器 如果无法获得稳定读数，信噪比（S/N 或 SNR）可能过低，有可能低于 6 到 10 dB。 某些情况需要特别的解决方案，例如高通、带通或陷波滤波器，但通常不必要的噪声信号会比感兴趣的信号频率高。这种情况下可使用内置的低通滤波器。 模拟和数字滤波器都已提供，可以结合在一起。

图 1: 选择 FILTER（滤波器）后的菜单选项。

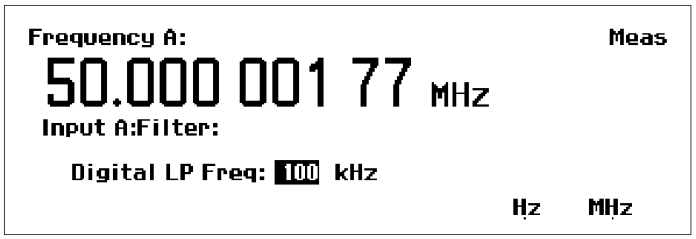
模拟低通滤波器: 仪器带有模拟 RC 低通滤波器，输入 A 和输入 B 上各一个。截止频率约为 100 kHz，信号抑制为 20 dB（1 MHz）。 对于含有

噪声的低频（不高于 200 kHz）信号，当噪声分量的频率比基本信号高出很多时，可实现准确的频率测量。

数字低通滤波器：数字低通滤波器使用释抑功能。 通过触发释抑，可以在输入触发电路中插入一段停滞时间。 这意味着在第一个触发事件以后，仪器的输入将忽略一段预设时间内输入信号的所有迟滞带穿越。

将释抑时间设置为信号周期时间的约 75% 以后，在输入信号通过迟滞带返回的点处将避免错误触发。 当信号达到下一个周期的触发点时，所设置的释抑已经过去，于是将会发起新的正确触发。

仪器不需要您计算合适的释抑时间，而会将您在 Digital LP Freq（数字低通频率）菜单内输入的滤波器截止频率换算为等效的释抑时间。



在清楚有效地使用数字滤波功能时，要注意一些限制。 首先要对待测频率有个大致了解。 如果截止频率过低，可能会产生过低的稳定读数。 在这种情况下，仅在每第二、第三或第四个周期上触发。 如果截止频率过高（> 输入频率的两倍），也会产生稳定的读数。 这时每半个周期会算一个噪声脉冲。

截止频率的设置范围非常宽：1 Hz - 50 MHz

如果对输入信号的频率和波形有所疑问，可用示波器进行验证。

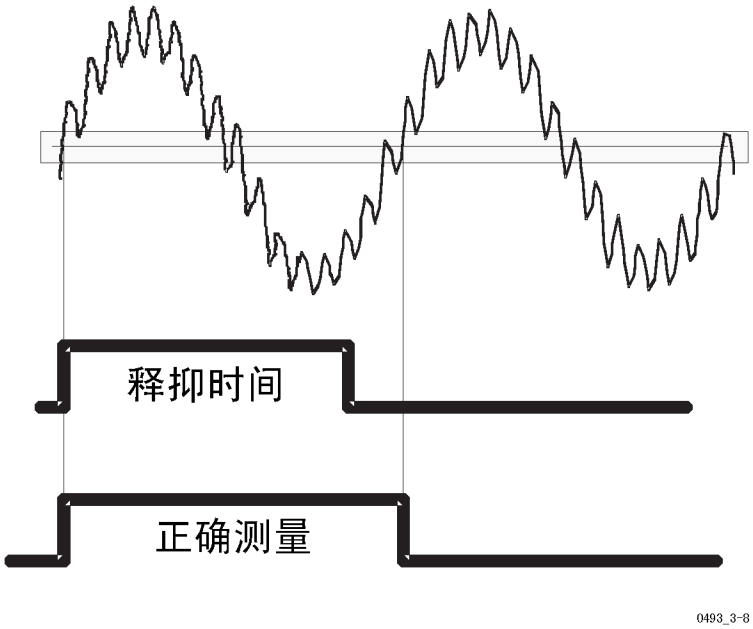


图 2: 数字低通滤波器在测量逻辑内，而非输入放大器内工作。

触发模式（手动/自动）

此菜单项设置触发模式。 当激活 **Auto**（自动）时，仪器自动测量输入信号的峰-峰值，并将触发电平设置为该值的 50%。 衰减也将自动设置。

对于上升/下降时间测量，仪器将触发电平设置为所测得峰值的 10% 和 90%。

当激活 **Manual**（手动）时，触发电平在 **Trig**（触发）菜单内设置。 当前的触发值显示在 Trig（触发）菜单项的下面。

加快测量速度: Auto（自动）触发功能将快速测量幅度并计算触发电平，但如果希望更快测量而不牺牲自动触发的优点，可使用 **Auto Trig Low Freq**（自动触发低频）来设置电压测量的频率下限。 此菜单项位于 **Settings > Misc > Auto Trig Low Freq**（设置 > 杂项 > 自动触发低频）。

如果已经知道感兴趣的信号频率始终高于某个值 f_{low}，则可从值输入菜单中输入此值。 f_{low}的范围是 1 Hz 至 100 kHz，默认值为 100 Hz。 此值越高，测量速度就越快，因为触发电平电压检测速度更快。

说明： 可在一个输入上使用自动触发，而在另一个输入上使用手动触发。

手动触发（触发）

Trig（触发）菜单允许输入特定的触发值。 使用箭头按钮增加或降低触发电平值，或者使用小键盘输入特定的值。 一直按下箭头按钮将会加快响应。

设置手动触发电平将加快测量周期。 手动触发不需要检测和计算触发电平。

说明： 如果手动输入触发电平，仪器将从 Auto（自动）触发模式切换到 Man（手动）。

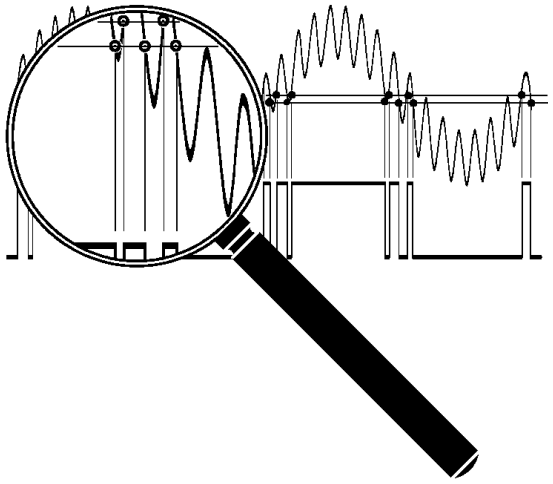
说明： 不应使用手动触发对电平不稳定的信号进行测量。

将自动触发电平转换为手动: 可将计算出的自动触发电平转换为固定的手动触发电平，方法是从 Auto（自动）触发模式切换为 Manual（手动）触发模式。 当前计算出的自动触发电平（在 Trig（触发）菜单项下显示）变成新的固定手动电平。 后续的测量将会快得多，原因是仪器不再为每个测量计算触发电平。

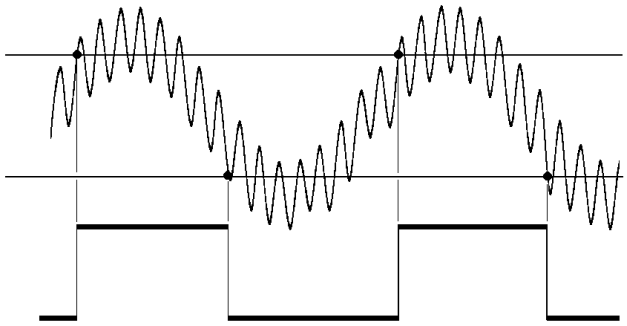
说明： 可在一个输入上使用自动触发，而在另一个输入上使用手动触发。

如何降低或忽略噪声和干扰

仪器输入电路对噪声非常敏感。 使输入信号幅度和噪声特征符合仪器的输入灵敏度（触发电平），可降低因噪声和干扰而造成错误计数的风险。例如，迟滞较窄的错误触发电平会造成电平变化信号的错误计数，如下图所示。



放宽触发迟滞可对电平变化及噪声信号进行正确的触发和测量。



使用以下功能可降低或避免噪声影响，改善测量结果：

- 10x 输入衰减器
- 连续变化的触发电平（自动触发）
- 某些功能中连续变化的迟滞
- 模拟低通噪声抑制滤波器
- 数字低通滤波器（触发释抑）

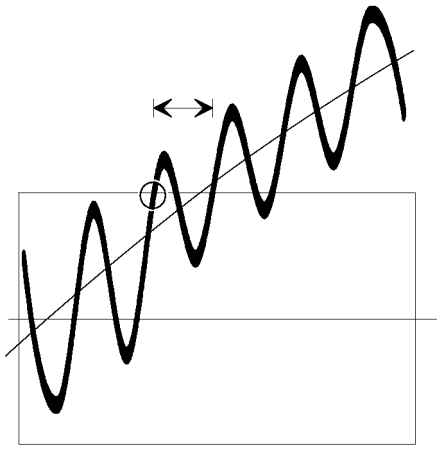
上述方法可同时使用，从而能在所有噪声信号上进行可靠测量。

优化输入幅度和触发电平以及使用衰减器和触发控制，这两者都与输入频率无关，并且可以在整个频率范围内使用。 另一方面，低通滤波器则仅可在有限的频率范围内有选择性的使用。

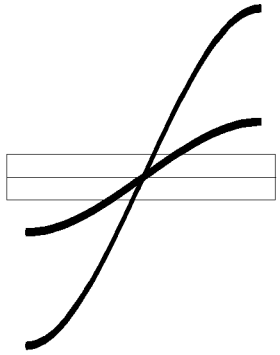
触发迟滞

信号需要穿越 20 mV 输入迟滞带，才能进行触发。 这种最小迟滞避免输入电路自激振荡，降低对噪声的敏感性。 触发迟滞也叫做触发灵敏度和抗噪性。

信号上较低电平的噪声也可能影响触发点，即造成其提前或延后，即使噪声并不会造成计数错误。 这种触发的不确定性在测量低频信号时尤其显得重要，原因是低频信号的信号转换速率（单位是 V/s）较慢。



为降低触发不确定性，信号需要尽快穿越迟滞带（转换速率较高）。 幅度较高的信号比幅度较低的信号更快通过迟滞带。 对于触发不确定性非常重要的低频测量，不要过多地衰减信号，为仪器设置较高的灵敏度水平。



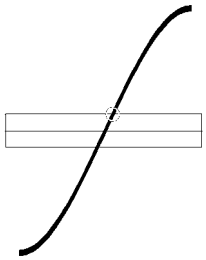
触发错误所导致的错误计数更加普遍。 为避免寄生信号所造成的错误计数，请降低输入信号幅度。 在测量高阻抗电路以及使用 1 MΩ 输入阻抗时，尤其要这样做。 在这样的情况下，电缆非常容易拾取噪声。

外部衰减和内部 10x 衰减器可降低信号幅度，包括噪声，而仪器中的内部灵敏度控制则降低仪器的灵敏度，包括对噪声的敏感度。 要降低过高的信号幅度，请使用内置的 10x 衰减器、外部同轴衰减器或 10x 探头。

如何使用触发电平设置

对于大多数频率测量，最佳的触发是通过将平均触发电平放到中间幅度处得到的，根据信号特点可使用较窄或较宽的迟滞带。

在测量低噪声低频正弦波信号时，使用较高的灵敏度（较窄的迟滞带）可降低触发不确定性。 由于信号斜率在正弦波中心处最陡，因此位于或接近信号中部的触发所产生的触发（定时）误差最小。



需要避免因噪声信号而造成的错误计数时，展宽迟滞窗口时将窗口居中于输入信号的中部附近，可获得最佳结果。 迟滞带之外的信号偏移应相等。

自动触发：对于普通的频率测量不需要启动，自动触发功能变为 Auto (Wide) Hysteresis（自动（宽）迟滞），将迟滞窗口放宽至峰-峰值幅度的 70% 至 30% 之间。 其实现方法是通过连续近似法来确定信号的最低和最高触发电平（触发刚好停止的电平）。 然后，仪器将迟滞电平设置为所计算的值。 在输入 A 和输入 B 上，默认的相对迟滞电平指示为 70%

和 30%。其值可手动调整，在输入 A 上的调整范围是 50% 到 100%，在输入 B 上为 0% 到 50%。但是，信号仅应用到一个通道上。

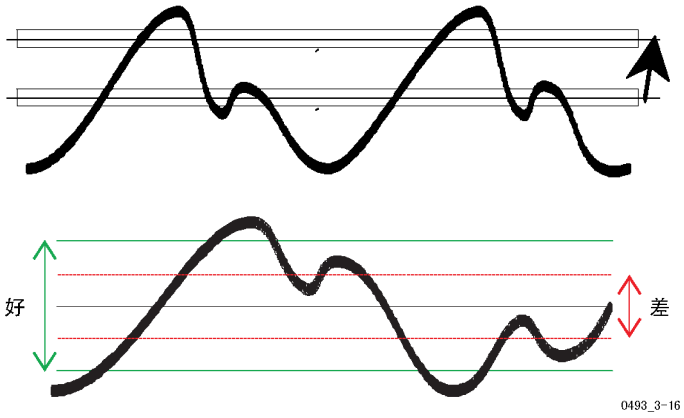
正常情况下，仪器对于每个频率测量都重复信号触发电平检测过程，以识别新的触发和迟滞值。 因此，启用自动触发的前提条件是输入信号是重复性的。 另一个条件是在测量开始以后，信号幅度不能大幅变化。

当自动测试系统每秒钟进行许多次测量时，自动触发还会降低最大测量速度。 要提高测量速度，按一次 Auto Set（自动设置）按钮，根据自动电平模式所计算的值来手动设置触发电平。

手动触发: 切换到 **Man Trig**（手动触发）也意味着 Narrow Hysteresis（窄迟滞）处于上次的自动水平。 按一次 **Auto Set**（自动设置）将开始单次自动触发水平计算（Auto Once（自动一次））。 这个计算值即峰-峰值幅度的 50% 为新的固定触发电平，如需要则可对其进行手动调整。

谐波失真: 根据经验，稳定读数中没有噪声或干扰。 但是，稳定读数并非一定是正确的；谐波失真也可能将会产生稳定的读数。

包含谐波失真的正弦波信号，如下图中的信号，可通过设置正确的触发电平（手动模式）或使用连续可变灵敏度（自动模式）来测量。 也可使用 Trigger Hold-Off（触发释抑）将触发点定位到信号上的指定点上，从而改善结果。



频率测量

测量理论

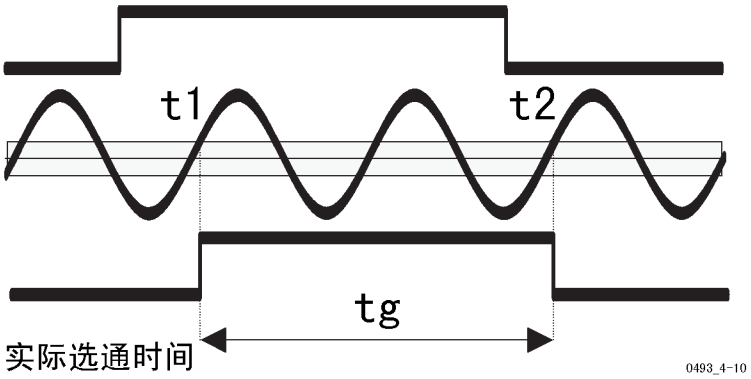
倒数计数

FCA3000、FCA3100 和 MCA3000 系列仪器使用高分辨率倒数计数法，将测量开始与输入信号进行同步。 这样就产生了要计数的准确积分输入周期个数。

倒数计数是对简单频率计数器的重大改进，简单的频率计数器对一个预设的非同步选通时间内的输入周期个数进行计数。 简单的选通计数可导致 ±1 个输入周期个数误差，尤其是对于低频测量。

在设定的测量时间开始后，仪器将实际选通时间与输入信号的第一个触发事件 (t_1) 同步。

设置测量时间



同样，在设定的测量时间过后，仪器将实际选通时间的停止与输入信号同步。 多寄存计数法允许同时测量实际选通时间 (tg) 和这段选通时间内的周期个数 (n)。

然后，仪器按照以下方法计算频率：

$$f = \frac{n}{t_g}$$

仪器使用分辨率 100 ps 来测量选通时间 tg，与所测频率无关。 因此，使用预定标器不会影响量化误差。 所以相对量化误差为 100 ps/tg。

当测量时间为 1 秒时，这个值为：

$$\frac{100\,ps}{1\,s} = 100 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-10}$$

除极低频率以外，t_g 和设置的测量时间几乎一致。

取样保持

如果在测量过程中输入信号消失，仪器将像带有取样保持功能的伏特表一样，冻结以前测量的结果。

超时 主要针对 GPIB 使用，可在菜单中手动选择固定的超时，方法是按 **Settings > Misc > Timeout**（设置 > 杂项 > 超时）。 固定超时的范围是 10 ms 至 1000 s，默认设置为 **Off**（关闭）。

选择一个比要测量的最低频率的周期时间长的时间，将此时间乘以输入通道的预定标系数，然后将该时间作为超时输入。

在超时期间如果未发生触发，仪器将显示 NO SIGNAL（无信号）。

测量速度 设置的测量时间决定着周期平均和频率测量的测量速度。 对于连续信号：

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.2}\ readings/s$$

当自动触发开始并且可升高至：

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.001}\ readings/s$$

当手动触发开始或者使用 GPIB 时：

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.00012}\ readings/s$$

平均和单周期测量: 为减少实际选通时间或测量口径，计数器使用非常短的测量时间以及所谓的**单次**模式来进行周期测量。 后者的含义是仪器仅在输入信号的一个周期中进行测量。 在仪器使用带预定标器的输入通道的应用中，**单次**测量持续时间与除法系数的周期个数一样多。 如果要使用非常短的口径进行测量，请使用除法系数较低的输入。

在频率和周期测量中如要达到最大分辨率，平均是常用的模式。 然而，通常需要在时间和精度之间进行权衡，因此要确定需要多少位，然后使用尽量短的测量时间来达到您的目标。

预定标可能会影响测量时间（FCA3003、FCA3020、FCA3103、FCA3120）: 预定标器的确会对最小测量时间产生影响，因为短的突发脉冲一定会包含最低个数的载波周期。 这个数字取决于于定标系数。

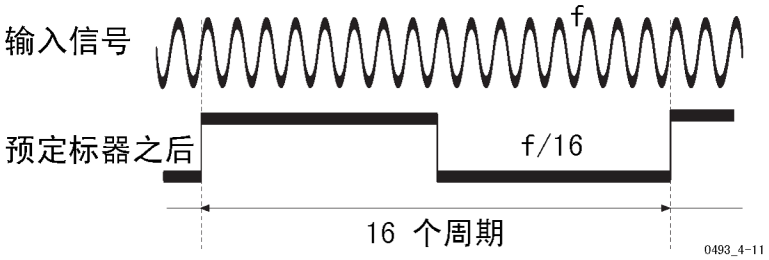


图 3: 除以 16 的预定标器。

该图显示 3 GHz 预定标器的影响。 对于 16 个输入周期，预定标器提供一个方波输出周期。 当仪器使用预定标器时，将对预定标后的输出周期进行计数，例如 f/16。显示器上会显示正确的输入频率，因为仪器会通过以下方式对除法系数 d 的影响进行补偿：

$$f = \frac{n \times d}{t_g}$$

在倒数计数中，预定标器不会降低分辨率。 相对量化误差仍为：

$$\frac{100\,ps}{t_g}$$

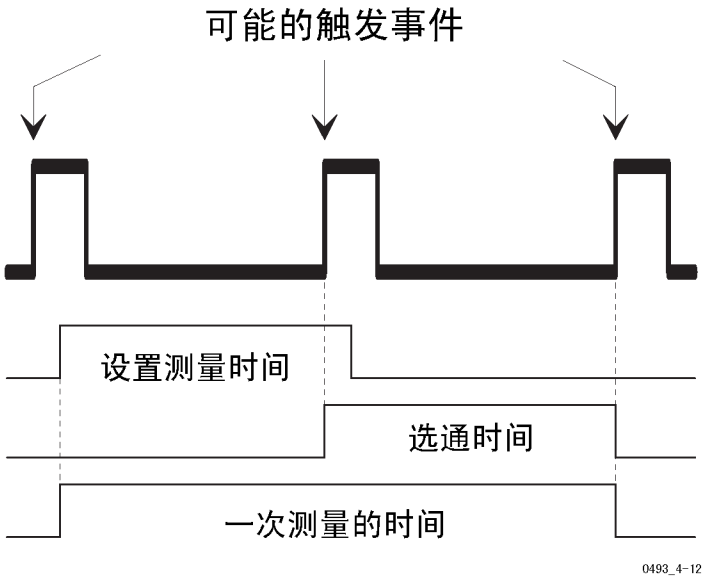
通过下表可找出不同测量模式下的预定标系数：

表 6: 测量预定标系数

功能	预定标系数
频率 A/B (300 MHz)	2
突发脉冲 A/B (<160 MHz)	1
突发脉冲 A/B (>160 MHz)	2
周期 A/B 平均 (400 MHz)	2
周期 A/B 单次 (300 MHz)	1
频率 C (3 GHz)	16
频率 C (20 GHz)	128

低频信号: 低于 100 Hz 的信号应使用手动触发进行测量，除非更改了默认设置 (100 Hz)。 下限可设置为 1 Hz，但如果在极低频率上使用自动触发，测量过程会极其缓慢。

在测量重复速率较低的脉冲时，例如对于 0.1 Hz 脉冲使用未预定标测量（如单次周期），该测量需要至少一个周期的持续时间，即 10 秒，在最坏情况下接近 20 秒。 最坏的情况是指触发事件就发生在测量时间开始之前，如下图所示。 测量相同信号的频率将需要两倍时间，因为此功能使用系数 2 进行预定标。 在此例中即使输入较短的测量时间，仪器仍需要 20 – 40 秒的时间进行测量。



射频信号（FCA3003、FCA3020、FCA3103、FCA3120）： C 输入预定标器将输入频率做除法后再由正常的数字计数逻辑进行计数。 除法系数叫做预定标器系数，根据预定标器类型的不同可采用不同的值。 3 GHz 预定标器设计的预定标系数为 16。例如，这意味着输入 C 频率 1.024 GHz 将转换为 64 MHz。

预定标器可用于在测量稳定连续射频时获得最佳性能。 大多数预定标器本身并不稳定，在无输入信号时会自激振荡。 为防止预定标器振荡，加入一个“通过检测器”。 通过检测器连续测量输入信号的电平，在无信号或者信号太弱时阻止预定标器输出。

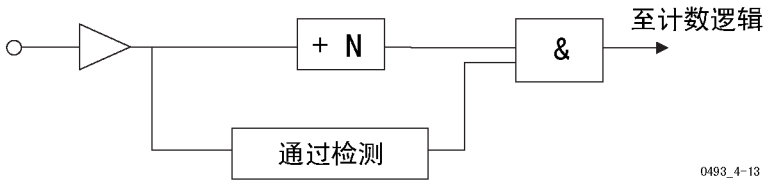


图 4: 预定标器中的通过检测器。

待测突发脉冲信号的存在对信号本身有一定的要求。 不管仪器在非常短的测量时间内能否进行测量，突发脉冲持续时间必须满足以下最低条件：

$$Burst_{min} > (presc.factor) \times (inp.cycle\ time) \times 3$$

通常，实际的最小极限值是由其他系数设置的，例如通过检测器的速度。这个速度取决于所使用的特定输入选件。

测量微波（FCA3020、FCA3120、MCA3027 和 MCA3040）： 在 FCA3020 和 FCA3120 仪器上可测量高达 20 GHz 的频率，这些仪器带有 20 GHz 的预定标器。

MCA3027 和 MCA3040 使用下变频器分别可以测量最高 27 GHz 和 40 GHz 的频率。 下变频器将未知输入信号与已知的本地振荡器 (LO) 频率进行混频，直到在中频放大器的通带（在此例中为 10 - 200 MHz）内出现信号为止。 （ 见图5)

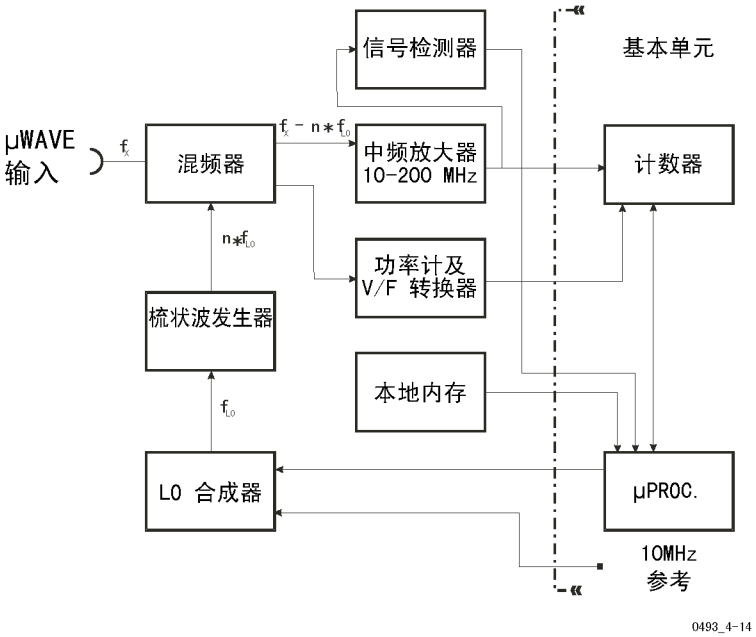


图 5: MCA3000 系列中的微波采集。

基本的 LO 频率范围是 430 - 550 MHz，划分为可从检查表中获取的几个分立的频率。 LO 输出馈入梳状波发生器，建立一个覆盖整个指定微波范围的谐波频谱。

计算输入频率的自动过程包含以下步骤：

1. **预采集：** 这个过程检测输入端上是否有可测量的信号存在，并确定将提供高于某个阈值电平的中频信号的 LO 频率。 其实现方式是逐步将 LO 从检查表中的最高值跳至最低值，然后将产生的梳状波发生器频谱应用到混频器。 当信号检测器向处理器输出状态信号时，这个过程停止。

2. **采集：** 这个过程确定生成中频信号所需的谐波。 仪器测量中频，将 LO 频率降低 1 MHz，然后再测量中频。 通过检查两次测量之差的值和符号，仪器可以确定所计算出的谐波是要加上还是减去原始的中频才能达到最终值。 例如，如果两个值之差为 5 MHz，则仪器知道第五次谐波是原点。

3. **最终射频计算：** 仪器知道了 LO 频率、乘法系数 n 以及符号。 仪器对与所需分辨率相对应的测量时间内的中频进行计数，然后使用该结果通过以下公式来计算要显示的最终值：

$$f_x = n \times f_{LO} \pm IF$$

有几种情况可能造成采集过程的复杂化。 仪器固件通过一些措施解决这些问题。例如：

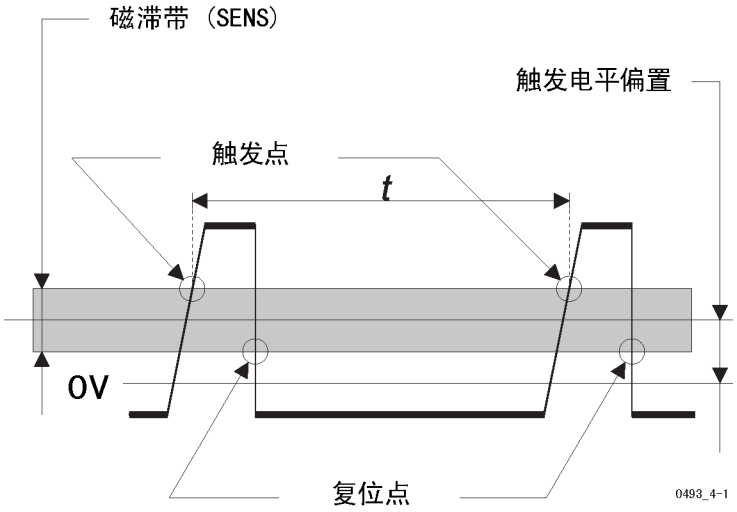
- 其中一个步进频率产生一个中频，但不是它的移位值。 仪器转到下一个表值。
- 频率调制产生一次不稳定的 ‘n’ 值计算。 仪器增加测量时间。

功率测量: MCA3027 和 MCA3040 仪器可测量“输入C”降频转换器整体范围内的微波信号功率。储存在降频转换器的频率相关功率测量修正数据可改善测量读数。

输入 A、B

菜单路径： **Meas > Freq**（测量 > 频率）。

所测量的频率为迟滞带内一个触发点到下一个触发点之间时间的倒数。 本仪器在输入 A 和 B 上自动触发模式下的测量频率范围是 0.00 Hz 至 300 MHz（在手动触发模式下为 0.001 Hz 至 400 MHz）。



高于 100 Hz 的频率使用 Default Setup（默认设置）测量最佳。 (见第77页，*默认仪器设置*)然后 **Freq A**（频率 A）将自动选定。 其他重要的自动设置为 **AC Coupling**（交流耦合）、**Auto Trig**（自动触发）和 **Meas Time 200 ms**（测量时间 200 ms）。 默认设置为频率测量提供一个成功的起点。

下面是最佳频率测量所使用的设置列表：

- AC Coupling（交流耦合），因为通常不需要直流偏置。
- Auto Trig（自动触发）在这种情况下意味着自动迟滞，因为（与 AGC 相比）抑制了超过正常窄迟滞窗口的叠加噪声。
- Meas Time 200 ms（测量时间 200 ms）目的是合理兼顾测量速度和分辨率。

部分上述设置可通过调出 Default Setup（默认设置）实现，也可通过激活 **Auto Set**（自动设置）按钮来实现。 该按钮按一次表示：

- Auto Trig（自动触发）。 注意，如果以前选择了 Man Trig（手动触发），则这个设置仅做一次。

在两秒钟内按两次 **Auto Set**（自动触发）也可将测量时间设置为 200 ms。

输入 C

FCA3X00 系列仪器

在相应 FCA3X00 系列仪器中的输入 C 预定标器允许测量高达 20 GHz 的频率。 输入 C 预定标器是完全自动的，不需要进行设置。

MCA3000 系列仪器

MCA3000 系列仪器通过自动的下变频器技术可测量高达 27 GHz 或 40 GHz 的射频频率。 (见第30页，*测量微波（FCA3020、FCA3120、MCA3027 和 MCA3040）*)如果知道近似的测量频率，则可选择更快的（手动）采集。 输入该频率作为采集过程的起点。

另一项功能是使用高分辨率测量信号功率。

比率 A/B、B/A、C/A、C/B

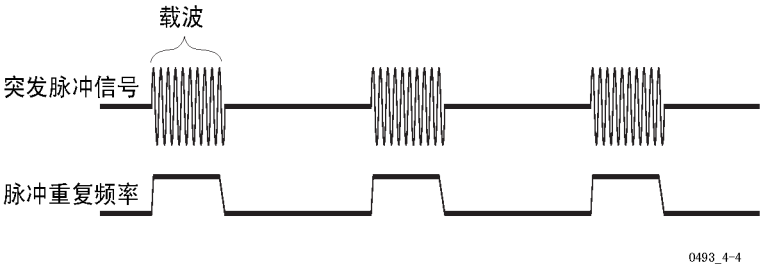
菜单路径： **Meas > Freq Ratio**（测量 > 频率比）。

要找到两个输入频率之比，仪器同时计数两个通道上的周期数，然后用主通道上的结果除以副通道上的结果。 可在输入 A 与输入 B 之间测量比率，其中任一通道均可作为主通道或副通道。 也可在输入 C 与输入 A 或者输入 C 与输入 B 之间测量比率，其中输入 C 为主通道。

突发脉冲 A、B、C

菜单路径： **Meas > Freq Burst**（测量 > 频率突发脉冲）。

突发脉冲信号有一个载波 (CW) 频率和一个调制频率，也称为脉冲重复频率 (PRF)，该频率对载波频率进行开关切换。



突发脉冲中的载波频率、PRF 以及周期个数都可进行测量，无需外部启动信号，可选择性的使用开始启动延迟。 (见第65页，*启动*)

各个测量通道的一般频率限制也适用于突发脉冲测量。 输入 A 或输入 B 上突发脉冲的最小周期个数在 160 MHz 以下时为 3，在 160 MHz 到 400 MHz 之间时为 6。 输入 C 上的突发脉冲测量涉及到预定标，因此最小周期个数为 3 x 预定标系数。 例如，3 GHz 型号的预定标系数为 16，因此每个突发脉冲中至少需要 48 个周期。

最小突发脉冲持续时间在低于 160 MHz 时为 40 ns，高于 160 MHz 时为 80 ns。

突发脉冲和触发

PRF 高于 50 Hz 的突发脉冲可在打开自动触发的情况下进行测量。

在使用自动触发时，更容易出现失步错误。 (见第36页，*可能出现的突发脉冲测量错误*)

当 PRF 低于 50 Hz 而且突发脉冲的间隔非常小时，使用手动触发。

始终要先尝试使用 **Auto Set**（自动设置）。 Auto Trigger（自动触发）和 Auto Sync（自动同步）结合起来使用可在大多数情况下获得满意结果。在 **Input A/B**（输入 A/B）菜单中从 **Auto**（自动）触发切换到 **Manual**（手动）触发有时会产生更加稳定的读数。

输入 C 始终使用自动触发，**Auto Set**（自动设置）仅影响突发脉冲同步。

使用手动预设进行突发脉冲测量

要测量突发脉冲的正确部分，必须设置三个时间值：测量时间、同步延迟和启动开始延迟。

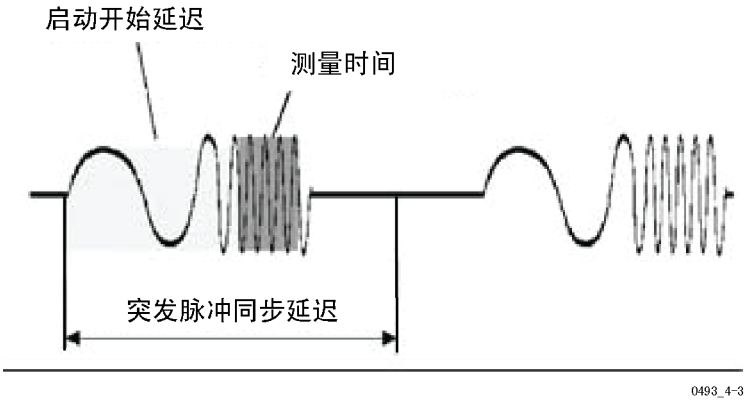
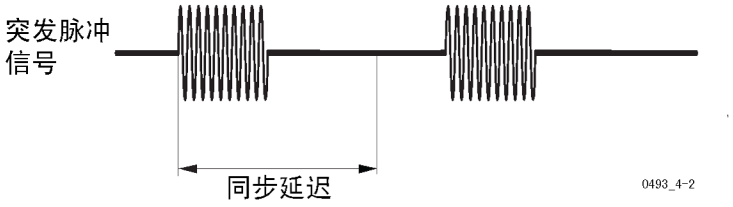


图 6: 要测量突发脉冲的正确部分，必须设置三个时间值

内部同步的突发功能在输入 A 和 B 上自动触发模式下的测量频率范围是 0.001 Hz 至 300 MHz（在手动触发模式下为 0.001 Hz 至 400 MHz），在输入 C 上的技术指标受到预定标器上限频率的限制。要使用手动设置进行突发测量，请执行以下操作：

1. 按 **Meas > Freq > Freq Burst**（测量 > 频率 > 频率突发脉冲）。
2. 选择输入源 **A**、**B** 或 **C**。
3. 按 **Settings > Burst**（设置 > 突发脉冲）。
4. 按 **Meas Time**（测量时间），输入测量时间值，该值要小于突发脉冲持续时间减去两个载波周期。 如果不知道信号的近似突发脉冲参数，始终从较短的测量时间开始，然后逐渐增加，直到读数稳定为止。
5. 按 **Sync Delay**（同步延迟）并输入值，该值要长于突发脉冲持续时间并短于 PRF 的倒数。

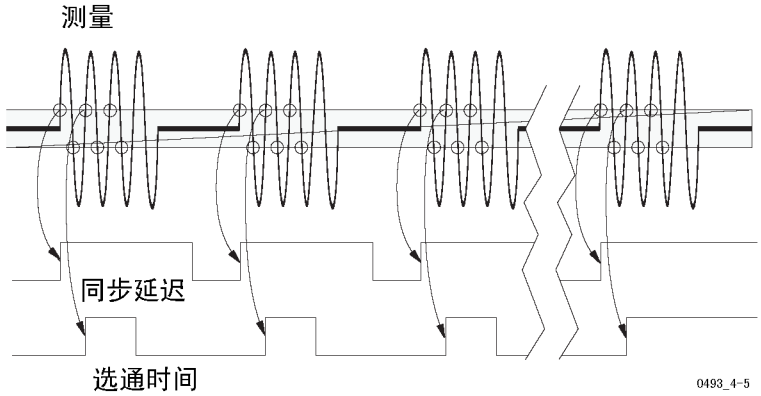


6. 按 **Start Delay**（开始延迟）并输入值，该值要长于突发脉冲的瞬变部分。
7. 如果要使用输入 A 或输入 B，则选择 **Frequency Limit**（频率限制）(160/300 MHz)。 如有可能则使用下限，以尽可能少的周期数来进行测量。
8. 按 **Save|Exit**（保存|退出）以显示测量。

仪器显示所有相关的突发脉冲测量。

选择测量时间: 测量时间必须短于突发脉冲的持续时间。 如果在突发脉冲间隙部分内继续测量，则不管时间多短，测量都会被破坏。 选择过短的测量时间会更好一些，因为这只会减小分辨率。 在较短的突发脉冲上进行突发脉冲测量意味着使用较短的测量时间，比通过仪器正常获得的分辨率要差一些。

同步延迟如何工作: 同步延迟是一种内部开始启动延迟，它可以在指定的同步延迟时间结束之前避免开始新的测量。



在设定的测量时间开始后，仪器将测量的开始与突发脉冲中第二个触发事件进行同步。 这意味着在突发脉冲关闭期间或在突发脉冲内部不会错误地开始测量。

可能出现的突发脉冲测量错误: 在测量与突发脉冲信号同步之前，在突发脉冲存在期间可能意外地开始第一个测量。 如果出现这种情况而且剩余的突发脉冲持续时间短于设置的测量时间，第一个测量的读数将会是错的。但是，在第一个测量以后，正确设置的开始启动同步延迟时间将会同步接下来的测量。

在手动操作的应用中，这不是问题。 在自动测试系统中单个测量取样的结果必须可靠，至少要进行两次测量，第一次用于同步测量，从第二次中读出测量结果。

调频信号

调频信号是指载波信号（载波频率 = f_0）的频率在高于和低于频率 f_0 的范围内变化。 是改变载波的频率的调制信号。

仪器可测量：

f_0 = 载频（频率）。

f_{max} = 最大频率（最大值）。

f_{min} = 最小频率（最小值）。

Δf = 频率摆动 = f_{max} - f_0 (P-P)。

频率 f_0

要确定载波频率，测量与 f_0 非常接近的频率 f_{mean} 。

1. 按 **Analyze**（分析）获得所有统计参数的概要。
2. 选择测量时间，使仪器测量偶数个调制周期。 这样，测量过程中正的频率偏差将补偿负的偏差。

   例如，如果调制频率为 50 Hz，测量时间为 200 ms，则仪器进行 10 个完整的调制周期测量。

如果调制是非连续的，例如声音信号，则无法使用负的偏差完全补偿正的偏差。 在这种情况下，部分调制摆动仍未被补偿，所产生的结果会过高或过低。

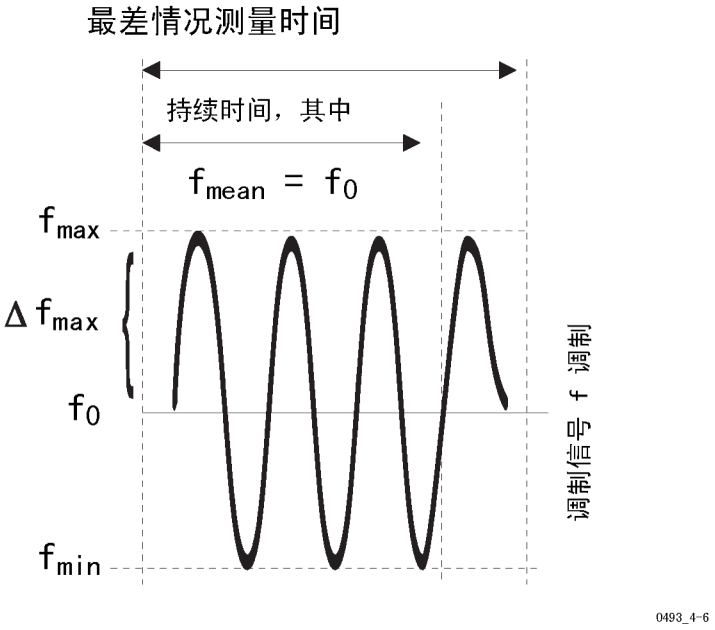


图 7: 调频

在最坏的情况下，只有半个调制周期未被补偿，从而产生最大的不确定性：

$$f_0 - f_{mean} = \pm \frac{\Delta f_{max}}{t_{measuring} \times f_{modulation} \times \pi}$$

为了非常精确地测量载波频率 f_0，如果可能则测量未调制的信号。

调制频率高于 1 kHz:

1. 关闭 Single（单次）。
2. 设置较长的测量时间，使其等于调制频率倒数的偶数倍。 选择较长测量时间时（比如 10 s）并且调制频率较高（高于 1000 Hz）时，可获得很好的近似。

低调制频率:

1. 按 Settings > Stat（设置 > 统计），考虑允许的最长测量时间，将 No. of samples（取样个数）参数设置为尽量大的值。
2. 按 Analyze（分析），让仪器计算取样的平均值。

通常使用每个取样 0.1 s 测量时间以及 30 个以上的取样数 ($n \geq 30$) 可获得较好的结果。 对于具体情况，可尝试在取样大小和测量时间获得最佳组合。 这取决于实际的 f_0 和 Δf_{max} 。

这里，测量的取样频率（1/测量时间）与调制频率不同步。 这造成不同的测量结果随机地高于或低于 f_0 。 当平均取样的个数足够大时，频率 f_{mean} 的统计学平均值接近于 f_0 。

当仪器测量瞬时频率值时（当选择非常短的测量时间时），f_0 测量值的 RMS 测量不确定性为：

$$f_0 - f_{mean} = \pm \frac{1}{\sqrt{2n}} \times \Delta f_{max}$$

其中 n 为 f 的平均取样个数。

fmax（最大值）

要测量 fmax：

1. 按 Settings > Stat（设置 > 统计），将 No.of samples（取样个数）设置为 1000 或更高。
2. 按 Meas Time（测量时间）并选择一个较低的值。
3. 按 Analyze（分析），仪器将在 MAX（最大值）读数中显示 f_{max}。

fmin（最小值）

1. 按 Settings > STAT（设置 > 统计），将 No.of samples（取样个数）设置为 1000 或更高。
2. 按 Meas Time（测量时间）并选择一个较低的值。
3. 按 Analyze（分析），仪器将在 MIN（最小值）读数中显示 f_{min}。

Δf p-p（峰-峰）

1. 按 Settings > Stat（设置 > 统计），将 No.of samples（取样个数）设置为 1000 或更高。
2. 按 Meas Time（测量时间）并选择一个较低的值。
3. 按 Analyze（分析）并读取 P-P（峰-峰值）。

$$\Delta f_{p-p} = f_{max} - f_{min} = 2 \times \Delta f$$

f_{max}、f_{min} 和 Δf_{p-p} 的误差：

对应于 1/10 周期或调制信号 36° 的测量时间会产生约 1.5% 的误差。

选择测量时间，使其满足：

$$t_{measure} \leq \frac{1}{10 \times f_{modulation}}$$

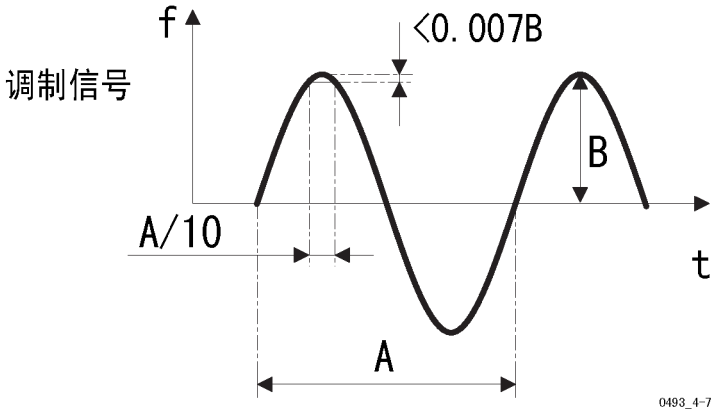


图 8: 确定 fmax 时的误差

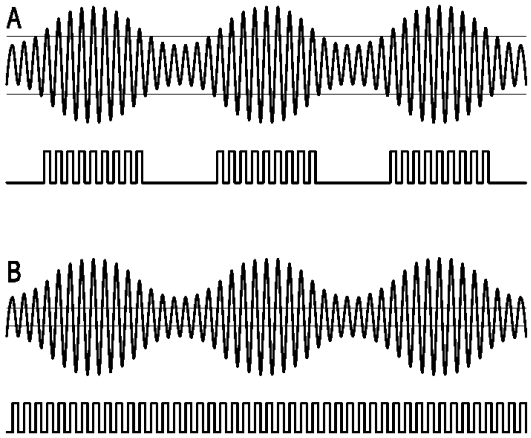
要确信所捕获的最大频率就是 f_{max}，请选择足够大的取样数，例如 n ≥1000。

调幅信号

仪器通常可以同时测量调幅信号的载波频率和调制频率。 这些测量类似于本手册上文所介绍的突发脉冲测量。

测量载波频率

如果调制深度很高，则载波 (CW) 仅在信号中部一个较窄的幅度带内连续存在。 如果仪器的触发灵敏度（迟滞）过宽，触发将会漏掉一些周期，测量结果将会不正确。



要测量载波频率：

1. 按 Input A（输入 A）菜单按钮。
2. 选择一个能够提供所需分辨率的测量时间。
3. 启用 Manual（手动）触发。
4. 按 Trig（触发）电平，输入 0 V 触发电平并按 Save|Exit（保存|退出）。
5. 选择 AC（交流）耦合。
6. 选择 1x 衰减以获得较窄的迟滞带。 如果仪器在噪声上触发，则通过“可变迟滞”功能拉宽迟滞带，即输入触发电平 >0 V 但 < V_{P-Pmin}。

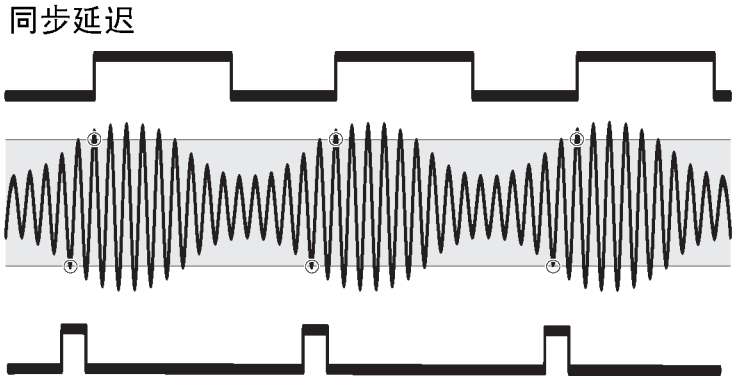
测量调制频率

测量调制频率最容易的方法是在调制以后，例如使用射频检测器探头（也称为解调器探头）并在输入通道上使用交流耦合。

如果没有合适的解调器，使用 Freq Burst（频率突发脉冲）功能可与测量突发脉冲 PRF 相同的方式来测量调制频率。

要测量调制频率：

1. 按下 Meas > Freq Burst A（测量 > 频率突发脉冲 A）。
2. 按 Settings > Burst > Meas Time（设置 > 突发脉冲 > 测量时间），输入约为调制周期 25% 的测量时间。
3. 按 Sync Delay（同步延迟），输入约为调制周期 75% 的值。
4. 按 Input A（输入 A），然后打开 Manual（手动）触发。
5. 按 Trig（触发），根据下图输入能使仪器触发的触发电平。



PRF 读数显示调制频率，即使主频率读数可能不稳定。

周期

单次 A、B 和平均 A、B、C

菜单路径： **Meas > Period > Single**（测量 > 周期 > 单次）。

从测量的角度看，周期功能与频率功能是一致的。 这是因为一个周期性信号的周期就是其频率的倒数值 1/f。

在实践中，有两处细微差异。

1. 仪器计算频率（使用平均）方法如下：

   $$f = \frac{\text{number of cycles}}{\text{actual gate time}}$$

   而计算周期平均值的方法如下：

   $$p = \frac{\text{actual gate time}}{\text{number of cycles}}$$

2. 仪器在进行单周期测量中不使用预定标器。

上文所述所有适用于频率测量的功能和特点均适用于周期测量。

单次 A、B 背靠背（仅 FCA3100 系列）

菜单路径： **Meas > Period > Single Back to Back**（测量 > 周期 > 单次背靠背）。

这种测量通过使用时间标记进行无停滞时间的连续周期测量。

在最大频率（插值器校准 **On**（打开）时为 125 kHz，**Off**（关闭）时为 250 kHz）之下，每次正的或负的零跨越（取决于选定的斜率）都添加时间标记。 对于每个新的时间标记，从当前值中减去上一个值，并显示上一个值。

在 **Value**（值）模式中，如果周期时间超过 200 ms，则每个新周期都会更新显示。对于更短时间，由于更新速率的限制，每到第二、第三、第四、依此类推的结果都会显示出来。

在 Analyze（分析）模式下，图形和统计数据包含直到最大输入频率的所有周期。 对于更高的频率，仪器显示 4 µs 或 8 µs 观测期间的平均周期时间。 因此，对于更高的频率，实际的功能是周期平均背靠背。

这种功能的主要目的是进行相对较长周期时间的连续测量，而不会因结果处理而损失单周期。 典型示例是 GPS 接收机的 1 pps 时基输出。

平均 A、B

菜单路径： Meas > Period > Average（测量 > 周期 > 平均）。

仪器测量信号的平均周期。 这个测量提供的要比单周期测量的读数分辨率更高。

频率

频率 A、B 背靠背（仅 FCA3100 系列）

菜单路径： Meas > Freq > Single Back to Back（测量 > 频率 > 单次背靠背）。

这个测量使用时间标记进行无停滞时间的连续频率测量。

这是周期背靠背的反向功能。 在 Analyze（分析）模式下，测量时间用于确定时间标记的调步。 在这种情况下不使用调步参数。

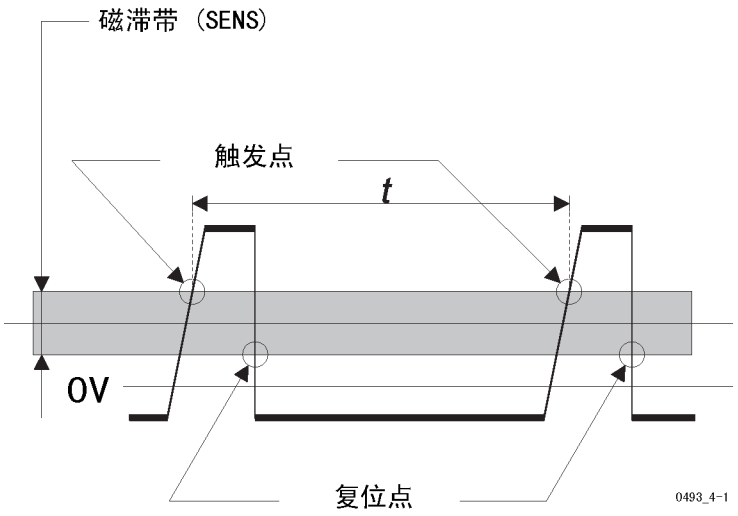
无停滞时间的连续频率平均测量用于计算艾伦偏差。 振荡器制造商广泛使用这种统计方法来描述短期稳定性。

时间测量

简介

测量两个单独通道上开始和停止条件之间的时间，是所有时间间隔测量的基础。 除了 **Time Interval A to B**（时间间隔 A 到 B）以外，计数器还提供其他的通道组合和衍生功能，例如 **Pulse Width**（脉冲宽度）和 **Rise/Fall Time**（上升/下降时间）。

测量触发点和复位点之间的时间。 只有迟滞带非常窄时，才能进行准确的测量。



触发和时间测量

设置的触发电平和触发斜率定义了开始和停止触发。 如果 **Auto**（自动）处于打开状态，仪器将触发电平设置为信号幅度的 50%，这对于大多数测量都是理想的选择。

可靠时间测量的条件汇总:

- **Auto Once**（自动一次），或者设置由 **Auto Trig**（自动触发）所确定的触发电平，通常是进行时间测量时的最佳选择。 按 **Man Trig**（手动触发），然后按一次 **Auto Set**（自动设置）。
- **DC**（直流）耦合。
- **1x** 衰减。 如果以前曾使用 **Auto Set**（自动设置）来设置触发电平，则会自动选择。
- 高信号电平。
- 陡信号边沿。

即使输入放大器有较高的灵敏度，迟滞带的有限值对于上升时间和下降时间不同的信号来说会引入小的定时误差，例如上图中所示的非对称脉冲信号。 这种定时误差通过使用迟滞补偿来消除，这种补偿将触发点移动大约半个迟滞带。

时间间隔

菜单路径： **Meas > Time > Time Interval**（测量 > 时间 > 时间间隔）。

时间间隔测量允许测量指定触发电平之间的上升和下降时间。

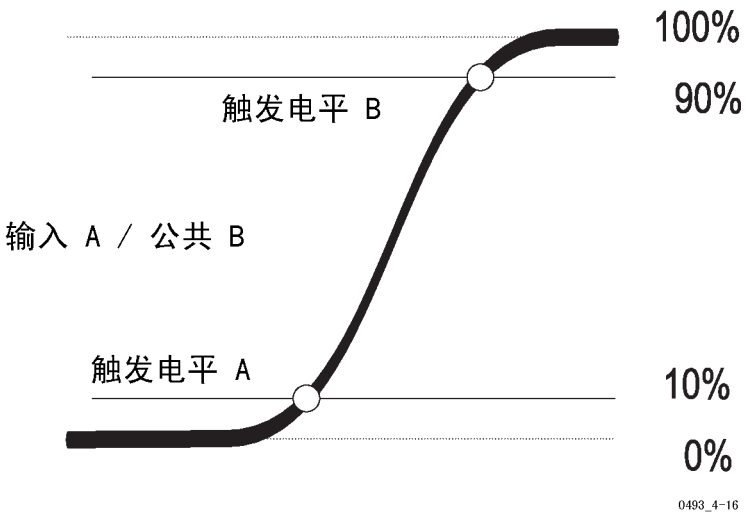
使用 **Input A/B > Slope**（输入 A/B > 斜率）按钮（标有正斜率边沿或负斜率边沿符号）来设置要开始或停止测量所在的信号边沿。

- Time Interval A to B（时间间隔 A 至 B）： 仪器测量输入 A 上的开始条件到输入 B 的停止条件之间的时间。
- Time Interval B to A（时间间隔 B 至 A）： 仪器测量输入 B 上的开始条件到输入 A 的停止条件之间的时间。
- Time Interval A to A, B to B（时间间隔 A 至 A、B 至 B）： 当相同的（公共）信号源同时提供开始和停止触发事件时，将信号连接到输入 A 或者输入 B。

上升/下降时间 A/B

菜单路径： **Meas > Time > Rise Time**（测量 > 时间 > 上升时间），**Meas > Time > Fall Time**（测量 > 时间 > 下降时间）。

按照惯例，上升/下降时间测量是指从信号通过其幅度的 10% 到通过 90% 的这段时间。



仪器计算并设置触发电平。 上升和下降时间可同时在输入 A 和输入 B 上进行测量。

同时测量的其他参数包括转换速率 (V/s)、V_{max} 和 V_{min}。

对于 ECL 电路，基准电平为 20%（开始）和 80%（停止）。 在这种情况下，可使用两种方法中的一种来设置基准值：

1. 选择上述的常规 Time Interval（时间间隔）功能，在通过绝对峰值计算出触发电平后，再对这些电平值进行手动设置。 然后还可得到辅助参数 V_{max} 和 V_{min}。 对于在输入 A 上进行的测量，请使用以下设置：

   Rise Time（上升时间）：

   触发电平 A = V_{min} + 0.2 (V_{max} - V_{min})

   触发电平 B = V_{min} + 0.8 (V_{max} - V_{min})

   Fall Time（下降时间）：

   触发电平 A = V_{min} + 0.8 (V_{max} - V_{min})

   触发电平 B = V_{min} + 0.2 (V_{max} - V_{min})

2. 选择其中一个专用的上升/下降时间测量，在激活自动触发后手动调节相对触发电平 (%)。 使用两个输入通道菜单来输入触发电平，即使只有一个通道为活动的信号输入。

过冲或振荡也会影响测量。 (见第47页， *自动触发*)

时间间隔误差 (TIE) (仅 FCA3100 系列)

菜单路径： **Meas > Time > TIE**（测量 > 时间 > TIE）。

TIE 测量使用连续时间标记来观察较长时间范围内表面上稳定信号中的缓慢相位移动（漂移）。 典型的应用是监控同步数据传输系统中的分布式 PLL 时钟。

TIE 测量仅适用于时钟测量，不能用于数据信号。

要检查的信号的频率可手动或自动设置。 **Auto**（自动）将从前两个取样中检测频率。 该值被圆整为四位，例如 2.048 MHz，当发送查询时在总线上输出。 在 **Value**（值）模式下它将显示为辅助测量。

测量出的 TIE 是输入信号以及内部或外部时基时钟之间的时间间隔。 这些信号未锁相，因此不考虑测量开始处的真实时间间隔值，t = 0 时的结果在算术上置空。 在 **Analyze**（分析）模式下的图形呈现从坐标原点开始。

脉冲宽度 A/B

菜单路径： **Meas > Pulse > Width Positive**（测量 > 脉冲 > 正宽度），**Meas > Pulse > Width Negative**（测量 > 脉冲 > 负宽度）。

输入 A 或输入 B 都可用于测量，正负脉冲宽度都可选择。

- 正脉冲宽度表示上升边沿与下一个下降边沿之间的时间。
- 负脉冲宽度表示下降边沿与下一个上升边沿之间的时间。

选定的触发斜率为开始触发斜率。 仪器自动将反转极性选择为停止斜率。

占空系数 A/B

菜单路径： **Meas > Pulse > Duty Factor Positive**（测量 > 脉冲 > 正占空系数），**Meas > Pulse > Duty Factor Negative**（测量 > 脉冲 > 负占空系数）。

占空系数（或占空比）是脉冲宽度与周期时间之间的比值。

$$Duty factor = \frac{Pulse\ width}{Period}$$

仪器通过进行三个时间标记测量（两个连续正的触发 A 和一次负的触发 A，如果选定的测量功能为输入 A 上的正占空系数）一次性确定此比值。

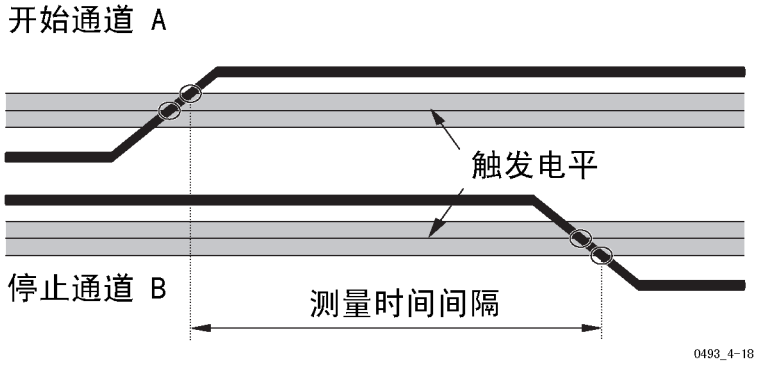
对于正的或负的占空系数，均可使用输入 A 或输入 B 进行测量。 仪器还显示周期和脉冲宽度测量。

说明： 总测量时间与单次测量相比为三倍，因为测量需要三个测量步骤。

时间测量误差

迟滞

触发迟滞可导致时间测量误差。 定时测量触发在输入信号穿越整个迟滞带时发生，而不是在输入信号穿过幅度的 50% 时发生，如下图所示：

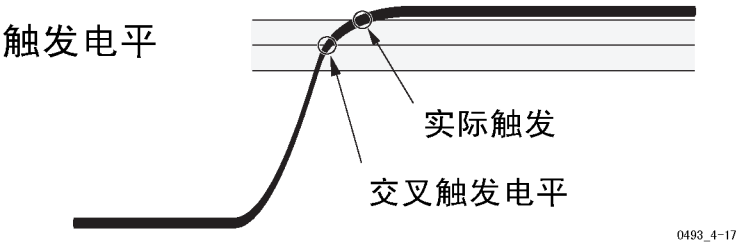


迟滞带在 1x 衰减时约为 20 mV，在 10x 衰减时约为 200 mV。

为保持较低的迟滞触发错误，尽可能将衰减器设置为 1x。 只有当输入信号的幅度过大或者需要将触发电平设置为 5 V 以上时，再使用 10x 衰减。

过驱和脉冲圆化

信号过驱不足的触发会带来额外的定时误差。 当触发出现得过于接近脉冲的最大电压时，两种现象可能影响测量不确定性： 过驱和圆化。



过驱: 当输入信号穿越迟滞带仅有边际过驱时，触发比平常要多花大约 100 ps 的时间。 指定的最坏情况 500 ps 系统触发误差就包含此误差。为避免这种误差，确保输入信号或触发电平有足够的过驱。

脉冲圆化: 速度极快的脉冲可能会圆化、过冲或发生其他异常。 脉冲圆化可能导致严重的触发误差，尤其是在快速电路上进行测量时。

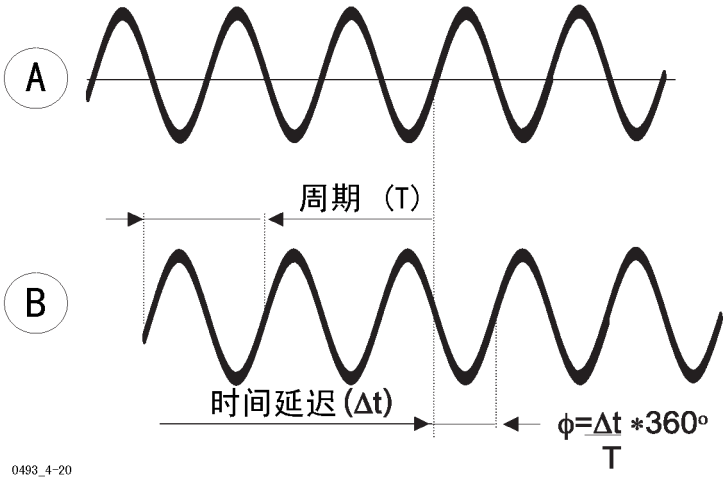
自动触发

自动触发对于测量未知信号是非常有效的。 但是，过冲和振荡可能导致自动触发选择稍微错误的最小和最大信号电平。 这并不影响频率等之类的测量，但可能会影响过渡时间测量。 因此，在处理诸如逻辑电路等未知信号时，请手动设置触发电平。

如果信号重复速率跌至 100 Hz（默认值）以下，或者低于在自动触发低频菜单（Settings > Misc > Auto Trig Low Freq（设置 > 杂项 > 自动触发低频））中设置的介于 1 Hz 和 50 kHz 之间的低频限制值，则始终使用手动触发电平。

相位测量

相位是相同频率的两个信号之间的时间差，用角度表示。



测量相位延迟的传统方法是使用定时器/仪器，这是一个两步的过程，包含两个连续测量：先是周期测量，紧接着就是时间间隔测量。 然后按照以下数学公式计算出相位延迟：

$$\frac{360° \times (Time\ Interval\ A-B)}{Period}$$

或者：

Phase A - B = 360° × Time Delay × Freq

FCA3000、FCA3100 和 MCA3000 系列仪器使用更加巧妙的方法来确定相位。一次完成两个测量，并且都带测量时间标记。 从输入 A 和输入 B 上的触发事件得到的两个连续的时间标记足以计算相位差，包括信号的相位关系。

分辨率

可在高达 160 MHz 的信号上进行相位测量。 测量分辨率取决于频率。 对于低于 100 kHz 的频率，分辨率为 0.001° ；对于高于 10 MHz 的频率，分辨率为 1° 。 通过使用内置的统计功能对测量进行平均，可进一步改善相位测量分辨率。

可能的误差

可在高达 160 MHz 的输入信号频率上测量相位。 但是，在这些很高的频率上，相位分辨率降至：

100 ps ×360° × FREQ

不精确度

相位 A-B 测量的不精确度取决于几个外部参数：

- 输入信号频率
- 输入信号 A 和 B 的峰值幅度和转换速率
- 输入信号信噪比

仪器内部部分参数也很重要：

- 输入 A 和 B 信号路径的内部时间延迟
- 输入 A 和 B 之间迟滞窗口的变化

有两种类型的相位测量不精确度误差： 随机误差和系统误差。 随机误差包含分辨率（量化）和噪声触发误差。 系统误差包含“通道间延迟差异”和“触发电平定时”误差。 对于给定的输入信号集合来说，系统误差是常数，通常可在控制器（(GPIB 系统）内补偿，或者在进行校准测量以后使用 **Math/Limit**（数学/极限）菜单（手动操作）在本地补偿。 (见第51页， *补偿方法*)

相位测量中的随机误差: 相位量化误差的算法如下：

100 ps ×360° × FREQ

例如，1 MHz 输入信号的量化误差为：

100 ps ×360° × (1 × 10^6) ≈ 0.04°

触发噪声误差包含开始和停止触发误差，两者应相加。 对于正弦输入信号，每个误差为：

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n\ ratio}$$

使用上面的例子并加上一些噪声，使信噪比为 40 dB。 这对应于 100 倍的幅度比（10000 倍的功率比）。 然后，触发噪声贡献随机误差的部分为：

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times 100} \approx 0.6^\circ$$

随机误差因为具有随机性特点，因此不应进行线性相加，而是以“RMS 方式”相加。 对于上述示例，方法如下：

随机误差

$$Random\ error = \sqrt{quant.\ err.^2 + start\ trg.err^2 + stop\ trg.err^2}$$

随机误差总和为：

$$\sqrt{0.04^2 + 0.6^2 + 0.6^2} \approx 0.85^\circ\ (single\ shot)$$

内部放大器噪声所导致的随机误差是怎样的呢？ 内部噪声的贡献通常是可以忽略的。 信号（不论是内部还是外部）上的噪声所导致的相位误差如下：

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n\ ratio}$$

对于输入信号 250 mV_{rms} 和典型的内部噪声指数 250 μV_{rms}，所得到的信噪比至少为 60 dB（1000 倍）。 这样最坏情况的误差为 0.06°。 输入信号增加到 1.5 V_{rms}，该误差可降至 0.01°。

另一种降低随机误差的方法是使用仪器的统计功能，从几个取样中计算平均值。

相位测量中的系统误差: 系统误差包含以下要素：

- 通道间传播延迟差异。
- 触发电平定时误差（开始和停止），因触发电平的不确定性而引起。

在两个输入通道具备相同的触发条件时，通道间传播延迟差异通常为 500 ps。 因此，相应的相位差为：

<0.5 ns × 360° × FREQ

下表按频率列出由通道间传播延迟差异所导致的相位差异：

频率	相位误差度数
160 MHz	28.8°
100 MHz	18.0°
10 MHz	1.8°
1 MHz	0.18°
100 kHz	0.018°
10 kHz 及以下	0.002°

触发电平定时误差取决于以下因素：

- 由于存在触发电平 DAC 不确定性以及比较器偏置误差，实际的触发点并非就是零。
- 两个信号在零穿越处具有不同的转换速率。

每个仪器都有输入迟滞。 这对于防止噪声造成错误的输入触发是必要的。迟滞带的宽度决定了仪器的最大灵敏度。 这个值大约为 30 mV，因此当设置触发电平为 0 V 时，实际触发点正常应为 +15 mV，恢复点为 -15 mV。这类定时误差通过使用迟滞补偿来抵消。

迟滞补偿意味着微机可以偏置触发电平，使实际的触发（偏置后）等于设置的触发电平（偏置前）。 这种常见的迟滞补偿在相位、时间间隔以及上升/下降时间测量中都在使用。 存在几毫伏的某些残余不确定性，同时触发点也有一定的温度漂移。

额定触发点为 0 V，不确定性 ± 10 mV。

某正弦波表示为：

$$V(t) = Vp \times sin(2\pi ft)$$

其转换速率 $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ 为 $Vp \times 2\pi f$，接近零穿越点。 这样提供的是穿越 10 mV 时而不是 0 mV 的系统时间误差。

$$\frac{10\ mV}{(Vp \times 2\pi \times FREQ)}$$

下表中列出对应的相位误差（度）：

频率	相位误差度数
160 MHz	28.8°
100 MHz	18.0°
10 MHz	1.8°
1 MHz	0.18°
100 kHz	0.018°
10 kHz 及以下	0.002°

$$\frac{10\ mV \times 360° \times FREQ}{Vp \times 2\pi \times FREQ}$$

可降至 （度）：

$$\frac{0.6}{Vp}$$

这种误差在两个输入上都可能出现，因此最坏情况的系统误差为 （度）：

$$\frac{0.6}{Vp\ (A)} + \frac{0.6}{Vp\ (B)}$$

补偿方法: 上述计算显示在弥补总系统相位误差的成分中的常见不确定性。 对于给定的输入信号集合，可完全通过校准测量或多或少地对此误差进行补偿。 根据可接受的残余误差，可使用下面介绍的方法。 第一种非常简单，但没有考虑通道间传播延迟差异。 第二种如果丝毫不差地执行，则会包含所有系统误差，但通常不太可行。

校准测量方法 1:

1. 将测量信号连接到输入 A 和输入 B。
2. 选择功能 **Phase A rel A**（相位 A 相对 A）以查找初始误差。
3. 使用 **Math/Limit**（数学/极限）菜单，通过按 X_0 输入此值作为公式 K*X+L 中的常数 **L**，并改变符号。
4. 当前测量结果 (X_0) 要从以后通过选择 **Phase A rel B**（相位 A 相对 B）所进行的相位测量中减去。 这样即可抵消系统相位误差中的相当大部分。 注意如果频率或幅度改变，则要重复进行这项校准。

校准测量方法 2:

1. 根据信号源阻抗，使用 50 Ω 功率分流器或 BNC T 型头将其中一个待测信号同时连接到输入 A 和输入 B。 确保功率分流器/T 型头与仪器输入端之间的电缆长度相等。
2. 选择功能 **Phase A rel B**（相位 A 相对 B）并读取结果。
3. 按照方法 1 中所述的相同方法，输入此值作为校正系数。
4. 为了将误差降至最低，保持信号幅度恒定，从而将校准与测量之间的偏差降至最低。
5. 方法 1 中有关频率和幅度的限制同样适用于这种方法；每当信号频率或幅度改变时，都应进行重新校准。

信号输入的公共设置如下：

Slope（斜率）	正或负
Coupling（耦合）	交流
Impedance（阻抗）	1 MΩ 或 50 Ω，取决于信号源和频率
Trigger（触发）	手动
Trigger Level（触发电平）	0 V
Filter（滤波器）	关闭

残余系统误差: 按照上面的一种方法以数学方式（在工作台上或控制器内）进行校正，可降低系统误差但不能完全消除。 残余时间延迟误差在大多数情况下可以忽略，但某种程度上触发电平误差将始终存在，尤其是温度条件不恒定时。

总计（仅 FCA3100 系列）

菜单路径： **Meas > Totalize**（测量 > 总计）。

Totalize（总计）功能可累加仪器输入 A 和 B 上的触发事件个数。提供五种总计功能。

除了通过手动切换 **Hold/Run**（保持/运行）（手动总计功能）来手动控制选通以外，还可使用 **Settings**（设置）下面的启动工具来打开和关闭选通。 下面对不同功能予以介绍。

当选通打开时，显示器将连续更新。 在连续的打开期间内，事件将会累计，直到执行 **Restart**（重启）为止。

说明： 手动的总计功能可与统计功能或与块和调步等参数结合起来使用。

自动触发在正常的总计情况下不能使用。 在总计测量开始之前，先执行一次 Auto Once（自动一次）操作，完成一次计算并设置合适的触发电平。

总计 A 此测量允许总计（计数）输入 A 上的触发事件个数。辅助的计算参数为 A-B 和 A/B。 通过切换 Hold/Run（保持/运行）来手动控制开始/停止，通过按 Restart（重启）即可复位计数寄存器。

总计 B 此测量允许总计（计数）输入 B 上的触发事件个数。辅助的计算参数为 A-B 和 A/B。 通过切换 Hold/Run（保持/运行）来手动控制开始/停止，通过按 Restart（重启）即可复位计数寄存器。

总计 A+B 此测量允许计算输入 A 和输入 B 上的触发事件之和。辅助参数为 A 和 B。通过切换 Hold/Run（保持/运行）来手动控制开始/停止，通过按 Restart（重启）即可复位计数寄存器。

总计 A–B 此测量允许计算输入 A 和输入 B 上的触发事件之差。辅助参数为 A 和 B。通过切换 Hold/Run（保持/运行）来手动控制开始/停止，通过按 Restart（重启）即可复位计数寄存器。

例如，TOT A - B MAN（总计 A-B 手动）可实现控制系统中的压差流量测量。

示例：停车场内的车辆数等于通过进口 (A) 大门的车辆数减去通过出口 (B) 大门的车辆数。

总计 A/B 此测量允许计算输入 A 和输入 B 上的触发事件之比。辅助参数为 A 和 B。通过切换 Hold/Run（保持/运行）来手动控制开始/停止，通过按 Restart（重启）即可复位计数寄存器。

总计和启动 通过将 Arming（启动）与 Totalize（总计）结合使用，可通过应用在通道 A、B 或 E 上的外部信号来打开和关闭选通。 这样，通过选择通道、斜率以及开始/停止的延迟时间，即可使用 TOT A Start/Stop by B（总计 A，由 B 开始/停止）、TOT A-B Gated by E（总计 A-B，由 E 选通）和 TOT B Timed by A（总计 B，由 A 定时）等功能。

与手动的 Totalize（总计）功能不同，启动的总计功能允许块和调步控制。 因此，所有的 Statistics（统计）功能均可用。 每次停止条件以后，新结果都会显示出来。

说明： 如果设置开始启动，则必须在输入 A、输入 B、输入 E 或时间上设置一个停止启动。

示例: 启动参数的设置位置是 Settings > Arm（设置 > 启动）。

要设置上述 Totalize（总计）功能，请执行以下操作：

总计 A，由 B 开始/停止:

1. 从 **Meas**（测量）菜单中选择 **Totalize**（总计），然后选择 **A**。
2. 将待测信号连接至输入 A。
3. 以手动方式将输入 A 的触发电平设置为合适的值。
4. 将控制信号连接至输入 B。
5. 以手动方式将输入 B 的触发电平设置为合适的值。
6. 按 **Settings > Arm**（设置 > 启动）并设置以下参数：
   - Arm on Sample/Block（取样/块上启动）： 确定是否应启动每个事件或每个事件块（分析模式）。
   - Start Channel（开始通道）： 选择 B。
   - Start Slope（开始斜率）： 选择正斜率（标记为上升边沿符号）。
   - Start Delay（开始延迟）： 确定是否在控制信号和实际选通打开之间插入延迟 (10 ns – 2 s)。
   - Stop Delay（停止延迟）： 确定是否插入一个延迟 (10 ns – 2 s)，在这个延迟期间选通不响应停止通道上的控制信号。 主要应用是防止继电器触点弹跳提前关闭选通。
   - Stop Channel（停止通道）： 选择 B。
   - Stop Slope（停止斜率）： 选择正斜率（标记为上升边沿符号）。

总计 A-B，由 E 选通:

1. 按 **Meas > Totalize > A-B**（测量 > 总计 > A-B）。
2. 将待测信号连接至输入 A 和 B。
3. 以手动方式将输入 A 和输入 B 的触发电平设置为合适值。
4. 将控制信号（TTL 电平）连接至输入 E。
5. 按 **Settings > Arm**（设置 > 启动）并设置以下参数：
   - Arm on Sample/Block（取样/块上启动）： 确定是否应启动每个事件或每个事件块（统计模式）。
   - Start Channel（开始通道）： 选择 **E**。
   - Start Slope（开始斜率）： 选择正斜率（标记为上升边沿符号）。
   - Start Delay（开始延迟）： 确定是否在控制信号和实际选通打开之间插入延迟 (10 ns – 2 s)。
   - Stop Delay（停止延迟）： 确定是否插入一个延迟 (10 ns – 2 s)，在这个延迟期间选通不响应停止通道上的控制信号。 主要应用是防止继电器触点弹跳提前关闭选通。

- Stop Channel（停止通道）： 选择 **E**。
- Stop Slope（停止斜率）： 选择负斜率（标记为下降边沿符号）。

总计 B，由 A 定时: 使用这种功能，可将准确选通时间的开始与某个外部事件同步。

1. 按 **Meas > Totalize > B**（测量 > 总计 > B）。
2. 将待测信号连接至输入 B。
3. 以手动方式将输入 B 的触发电平设置为合适的值。
4. 将控制信号连接至输入 A。
5. 以手动方式将输入 A 的触发电平设置为合适的值。
6. 按 **Settings > Arm**（设置 > 启动）并设置以下参数：
   - Arm on Sample/Block（取样/块上启动）： 确定是否应启动每个事件或每个事件块（统计模式）。
   - Start Channel（开始通道）： 选择 **A**。
   - Start Slope（开始斜率）： 选择正斜率（标记为上升边沿符号）。
   - Start Delay（开始延迟）： 确定是否在控制信号和实际选通打开之间插入延迟 (10 ns – 2 s)。
   - Stop Delay（停止延迟）： 设置测量时间，范围是 10 ns 至 2 s。
   - Stop Channel（停止通道）： 选择 **Time**（时间）。

电压测量

V_{MAX}、V_{MIN} 和 V_{PP}

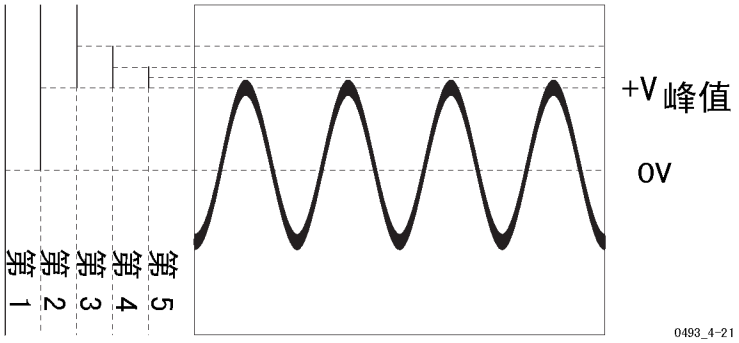
仪器可在直流输入电压（从 -50 V 到 +50 V，两个自动选择范围）以及重复信号（1 Hz 至 300 MHz）上测量输入电压电平 V_{MAX}、V_{MIN} 和 V_{PP}。 测量精度约为读数的 1%。

按 **Meas > Volt**（测量 > 电压）打开电压测量菜单。

默认的频率下限为 20 Hz，但可通过 **Settings > Misc**（设置 > 杂项）菜单进行更改，其范围是 1 Hz 至 50 kHz。 频率下限越高，测量就越快。

选择一个电压测量后，该测量结果将以大数字和完整分辨率显示。 其他测量结果则以较小字符在显示器的底部显示出来。

确定电压测量的方法是进行一系列的触发电平设置以及探测仪器触发的时间。



V_{RMS}

如果知道输入信号的波形（正弦、三角、方形），则其波峰因数（定义为峰值 (V_p) 与 RMS (V_{rms}) 值之商 Q_{CF}）可用于设置数学函数 K*X+L 中的常数 K。显示器将显示输入信号的实际 V_{rms} 值，假定 V_{pp} 是主要参数。

$$V_{rms} = \frac{1}{2Q_{cf}} V_{pp}$$

例如，正弦波的波峰因数为 1.414 (√2)，所以上述公式中的常数为 0.354。 要进行这项设置：

1. 按 **Math/Limit > Math > Math(Off) > K*X+L**（数学/极限 > 数学 > 数学（关） > K*X+L）。
2. 按 **K** 并输入 **0.354**。
3. 检查 **L** 常数是否设置为其默认设置 **0**（零）。
4. 使用显示器下方的菜单软键确认选择，然后退出菜单。

如果输入为交流耦合并且已选择 V_{pp}，则显示器上将显示出任何正弦波输入的均方根值。

如果正弦波叠加在直流电压上，均方根值的计算方法为：

$0.354*V_{pp} + V_{DC}$

如果 V_{DC}未知，可通过以下公式计算：

$$V_{rms} = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{2}$$

要显示叠加在直流电压上的正弦波的均方根值，请按照上例所示操作，但设置 $L = V_{DC}$。

数学和统计测量

仪器提供平均、数学和统计后处理功能。 这些功能可单独使用，也可结合使用。

平均

Frequency（频率）和 **Period Average**（周期平均）测量使用基于硬件的平均（对几个完整输入信号周期的时钟脉冲进行计数）获得平均测量结果。 所有其他测量使用基于软件的平均方法来计算测量平均值。 对于除频率和周期平均之外的其他测量，使用统计数字模式来显示平均结果。

使用 **Settings > Meas Time**（设置 > 测量时间）设置测量时间（范围是 20 ns 至 1000 s，20 ns 分辨率，200 ms 默认值）。 增加测量时间将显示更多位数（更高分辨率），但每秒测量个数减少。 Meas Time（测量时间）仅适用于 **Frequency**（频率）和 **Period Average**（周期平均）测量。

默认的 Meas Time（测量时间）设置显示 11 位，每秒钟提供四到五个测量。

说明： 要快速选择最低测量时间 (20 ns)，请输入 0。仪器将自动选择 20 ns。

数学

仪器有五个预定义的数学表达式，可用来处理测量结果然后再将值显示在屏幕上。 所提供的数学表达式为：

- K*X+L
- K/X+L
- (K*X+L)/M
- (K/X+L)/M
- X/M-1

这些表达式位于 **Math/Limit > Math**（数学/极限 > 数学）子菜单中。

X 是测量结果的占位符。 选择 K、L 和 M 默认值，使激活 **Math**（数学）后不会直接影响测量结果。 调用默认出厂设置将同时恢复这些值。

例如，要测量与某个初始频率之间的偏差（而不是测量这个频率本身），请执行以下操作：

1. 通过按 **User Opt** > **Save/Recall** > **Recall Setup** > **Default**（用户选项 > 保存/调出 > 调出设置 > 默认）调出默认的出厂设置。
2. 将待测信号连接至 **Input A**（输入 A）。
3. 按 **Auto Set**（自动设置）让仪器自己找到最佳的触发条件。
4. 按 **Math/Limit** > **Math** > **L**（数学/极限 > 数学 > L）。
5. 可通过下面两种方法的一种来设置 L 的值：
   - 如果当前测量值符合您的目的，则按 **X** $_0$ 将该值传送给常数 L。可重复按 **X** $_0$，直至得到所需的值为止。
   - 通过小键盘手动输入数字值。
6. 按 **Save|Exit**（保存|退出）确认并保存该值。
7. 按 **Math**（数学）并选择表达式 **K*X+L**。 显示器将显示与所输入值之间的偏差。

使用 **K** 常数来缩放测量结果。

如果希望结果为相对偏差，则使用表达式 **X/M-1**。

统计

统计可应用到所有测量中，也可应用到从 Mathematics（数学）处理所得到的结果中。 通过按 Analyze（分析）按钮进行切换，可访问统计读数。

可用的统计读数为：

- Max（最大）： 显示所取样的 N x_i 个值总体中的最大值。
- Min（最小）： 显示所取样的 N x_i 个值总体中的最小值。
- P-P（峰-峰）： 显示所取样的 N x_i 个值总体中的峰-峰值偏差。
- MEAN（平均）（作为主测量读数的一部分）： 显示所取样的 N x_i 个值总体的算术平均值 (x)，计算方法如下：

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Xi$$

- Std（标准）： 显示所取样的 N 个值总体的标准偏差，计算方法如下： 其定义为方差的平方根：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N-1}}$$

- Adev（艾伦偏差）： 显示所取样的 N 个值总体的艾伦偏差（σ），计算方法如下： 其定义为艾伦方差的平方根：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{2(N-1)}}$$

统计表达式中的个数 N 为取样个数，是介于 2 和 $2*10^9$ 之间的整数。

艾伦偏差与标准偏差

艾伦偏差是通过在较短时间间隔内进行取样（测量），从而来表征短时间不稳定性（例如通常由抖动和飘动所导致）的一种统计。 其目标是通过对相邻取样进行连续比较来消除因老化、温度或漂移所造成的长期漂移的影响。

标准偏差可能是更为人熟悉的一种统计，考虑所有类型偏差的影响，因为总体中的所有取样都与总的平均值进行比较。

艾伦偏差和标准偏差都采用与主测量相同的单位来表示，例如赫兹或秒。

设置取样参数

1. 按 **Settings > Stat**（设置 > 统计）。
2. 按 **No. of samples**（取样数），通过数字按钮或**上/下**箭头按钮输入值。 按 **Save/Exit**（保存/退出）保存该值。
3. 对于直方图显示，按 **No. of Bins**（容器个数）并输入值。 按 **Save/Exit**（保存/退出）保存该值。
4. 按 **Pacing time**（调步时间）并输入值（范围是 2 µs - 500 s，默认值为 20 ms）。 调步参数设置取样时间间隔。
5. 通过按 **Pacing Off**（调步关闭）将其更改为 **Pacing On**（调步打开）来激活设置的调步时间。 状态 Pacing Off（调步关闭）意味着以最短延迟完成指定个数的取样。
6. 按 **Hold/Run**（保持/运行）停止测量过程。
7. 按 **Restart**（重启）发起一次数据捕获。
8. 切换 **Analyze**（分析）来查看每种不同统计呈现模式下的测量结果。

说明： 仪器使用中间结果更新屏幕，直到进行完整的数据捕获。

统计和测量速度

在使用统计时，必须注意执行测量时间不能太长。 基于 1000 个取样的测量，只有在所有这样测量都完成之后，才能提供完整的统计结果。 如果仪器设置不是最优，则显示一个统计测量可能需要很长时间。

下面是加快统计测量过程的一些提示：

- 不要使用自动触发。 在自动触发模式下，仪器在每个测量之前都要计算触发电平。 确定合适的触发电平，然后进行手动设置。
- 所使用的测量时间不要超过所需分辨率对应的时间。
- 如果您的应用不需要在长时间周期内进行数据收集，记住要使用较短的调步时间（测量时间间隔）。

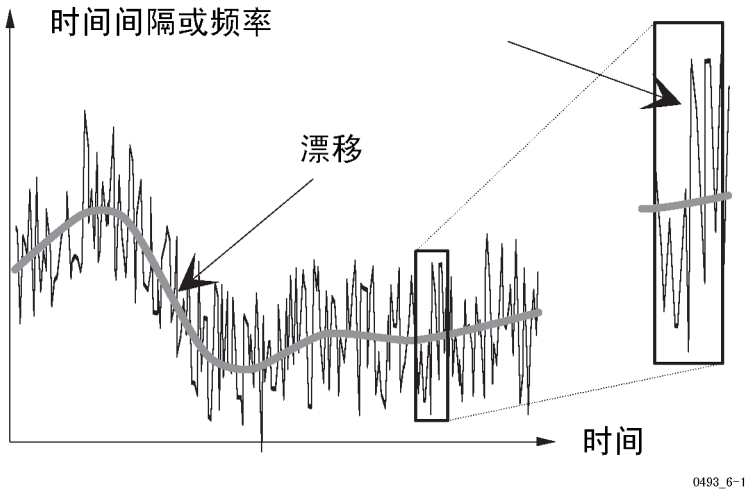
说明： 仪器在测量过程中显示中间结果。

确定较长或较短时间不稳定性

在进行统计测量时，必须要根据测量目的来选择测量时间。 例如，抖动或非常短时间（逐个周期的）变化需要按单次测量进行取样。

如果使用平均（仅频率或周期平均），则用于统计计算的取样已经进行平均，除非设置的测量时间短于输入信号（最高 160 MHz）的周期时间。 高于此频率时引入系数 2 进行预定标，因此是一定数量的平均。 在测量中等时间或较长时间的不稳定性时，这会是个很大的优势。 这里的平均是一种平滑功能，消除了抖动的影响。

下图中的信号包含一个慢速的信号变动以及抖动。 在测量抖动时，应使用有限数量的取样，使慢速变化不会对测量产生显著影响。 对于这种类型的测量，也可使用艾伦偏差统计方法。



要测量更慢的变化，可在较长的系列平均取样上计算最大、最小或平均值。 平均可消除每个取样中的抖动，较长的测量时间和较大的取样个数意味着测量可记录非常缓慢的变化。 最大调步时间是 500 s，每个取样的最大测量时间为 1000 s，最大取样个数为 $2*10^9$。

统计和数学

仪器允许在测量值上执行数据运算，然后将结果呈现在屏幕上或提供到总线上。对于特殊的测量设置，可测量任何系统测量不确定性，可在相应的数学运算中输入所需的校正常数。 然后可将统计应用到校正的测量值上。

置信限度

可使用标准偏差结果来计算测量的置信限度。

置信限度 = $\pm ks_x$

其中：

s_x = 标准偏差

k = 1，置信水平 68.3%（1σ - 限度）

k = 2，置信水平 95.5%（2σ - 限度）

k = 3，置信水平 99.7%（3σ - 限度）

计算置信限度示例: 以下示例计算 100 µs 时间间隔测量的置信限度。 使用数字统计模式读取时间间隔的平均值和标准偏差。 完成足够取样以获得稳定读数。 假设开始和停止触发过渡非常快，对测量不确定性没有贡献。

仪器显示平均值 = 100.020 µs，标准偏差 = 50 ns。

因此，95.5% 置信限度 = $\pm 2s_x$ (= ±2 * 50 ns) = ±100 ns。

于是，3σ 限度为 ±3 * 50 ns = ±150 ns

抖动测量

统计功能提供一种方便的方法来确定脉冲信号的短期定时不稳定性（抖动）。 抖动通常以均方根值来表示，其数值等于基于单次测量的标准偏差。 仪器可直接测量和显示均方根抖动。

否则，可测量平均值的标准偏差。 均方根值是量化抖动的一种很好方法，但却不提供测量值分布的相关信息。

为改善设计，可能需要分析这种分布。 使用仪器统计分析功能可进行趋势分析测量。 按 **Analyze**（分析）按钮可逐个检查数字和图形统计呈现模式。

可通过远程控制器（GPIB 或 USB）以及可选的 TimeView™ 调制域分析软件应用程序来实现更多分析功能。

极限测试

Limits Mode（极限模式）可使仪器成为一种有效的告警条件监视器（极限测试仪）。 可实时监视测量结果，并设置在超出极限条件时要采取的动作。 按下 **Math/Limit > Limits**（数学/极限 > 极限）可打开 Limits（极限）菜单。

使用 Lower Limit（下限）和 Upper Limit（上限）菜单项可设置极限测试电平。

极限行为

按 **Limit Behavior**（极限行为）可设置仪器对极限被超越时将如何响应。可用的极限响应行为如下：

- **Off**（关闭）： 不采取行动。 **LIM**（极限）指示器不显示。
- **Capture**（捕获）： 捕获超越极限设置的测量，并闪烁 **LIM**（极限）指示器。 继续进行测量。 只有满足测试标准的取样才能成为统计呈现中总体的一部分。
- **Alarm**（告警）： 闪烁 **LIM**（极限）指示器并继续进行测量。 所有取样（包括极限以外的测量）都是统计呈现中总体的一部分。
- **Alarm_stop**（告警停止）： 闪烁 **LIM**（极限）指示器并停止进行测量（将仪器置于保持模式）。 仪器将显示造成极限检测器触发的那个测量。 仅在告警条件之前所得到的取样才会成为统计呈现中总体的一部分。

也可使用 GPIB 总线上的 SRQ 功能来检测告警条件。请参阅《FCA3000、FCA3100 和 MCA3000 系列程序员手册》。

极限测试模式

有三种极限测试模式：

- **Above**（高于）： 高于所设下限的测量将通过。 屏幕上闪烁的 **LIM**（极限）符号表示自测量开始以后，至少有一次测量结果低于下限。使用 **Restart**（重启）可将 **LIM**（极限）符号复位成不闪烁状态。
- **Below**（低于）： 低于所设上限的测量将通过。 屏幕上闪烁的 **LIM**（极限）符号表示自测量开始以后，至少有一次测量结果高于上限。使用 **Restart**（重启）可将 **LIM**（极限）符号复位成不闪烁状态。
- **Range**（范围）： 介于（位于）指定极限范围之内的测量将通过。 屏幕上闪烁的 **LIM**（极限）符号表示自测量开始以后，至少有一次测量结果低于下限或高于上限。 使用 **Restart**（重启）可将 **LIM**（极限）符号复位成不闪烁状态。

如果选定 **Range**（范围）并且呈现模式为 **Value**（值），则除看到数字值之外，还可看到对于当前测量值和极限值之间关系的简单图形呈现。

上限 (UL) 和下限 (LL) 是位于主数字显示之下的垂直条，其数字值在这些条附近显示为小数字。

这种类型的图形类似于传统的模拟指针仪器，其中笑脸表情即表示测量处于设置极限以内。 阴沉表情即表示测量超出设置的极限，但仍在显示区域之内。 如果测量落于显示区域以外，则表示为屏幕左边沿处的 < 或右边沿处的 >。

极限指示器条的位置是固定的，使极限范围占屏幕区域的中间三分之一。这意味着分辨率和刻度长度是由指定的极限设置的。

极限和分析模式

可将极限测试应用到趋势图和直方图上（分析模式）。 在趋势图和直方图上使用极限将禁止自动比例，并间接地设置图形的刻度长度和分辨率。

启动

Arming（启动）功能在仪器检测到指定输入信号上的变化时将开始和/或停止测量采集。 可用的启动类型为 Arm Start（启动开始）和 Arm Stop（启动停止）（位于 **Settings > Arm**（设置 > 启动）菜单内）。

启动功能可用于在更加复杂的信号中进行频率测量：

- 单次事件或非周期性信号
- 脉冲宽度或脉冲位置可能发生变化的脉冲信号
- 频率随时间变化（模板）的信号
- 复杂波形信号的选定部分

当检测到启动输入（输入 A、输入 B 或输入 E）上出现相应信号斜率时，即发生启动。 从开始启动检测到实际进行测量之间也可设置一个延迟时间，并设置从停止启动条件（斜率和延迟时间）以延长测量时间。

指导原则

- 除了 **Frequency Burst**（频率突发脉冲）、**Ratio**（比率）和 **Volt**（电压）以外，Arm Start（启动开始）可用于所有其他测量。 如果将开始启动用于平均测量，它仅控制第一个取样的开始。
- 除了 **Frequency Burst**（频率突发脉冲）、**Ratio**（比率）、**Volt**（电压）和 **Rise/Fall Time**（上升/下降时间）以外，Arm Stop（启动停止）可用于所有其他测量。
- 启动将禁用正常的自由运行模式；在仪器检测到有效的开始启动信号条件之前，将不会进行测量。
- 可将输入 A、输入 B 和输入 E（在后面板上）用作开始或停止启动信号源。 输入 A 和输入 B 的频率范围是 160 MHz。 输入 E 的频率范围是 80 MHz（TTL 电平）。
- 使用输入 A 或 B 作为启动信号源的启动测量限制为 160 MHz 信号，除非信号内的启动条件在低于 160 MHz 的频率上出现。

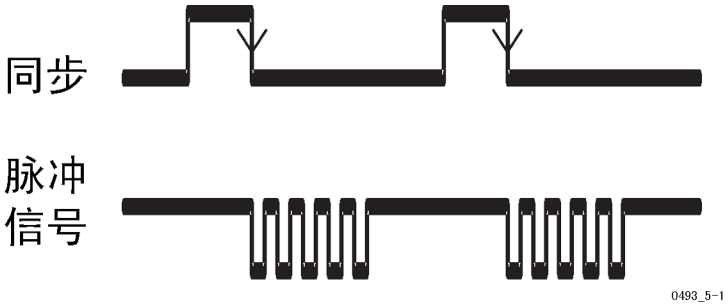
开始和停止启动

启动开始

Arm Start（启动开始）的作用就像示波器上的外部触发。 它将实际测量的开始与某个信号事件同步。 也可在 Arm Start（启动开始）功能中使用延迟将测量的开始时间相对于启动脉冲进行延迟。 Arm Start（启动开始）可单独使用来进行测量，或者与 Arm Stop（启动结束）结合使用来完成较长的测量。

可用的 Arm Start（启动开始）参数为 Channel（通道）、Slope（斜率）和 Delay（延迟）。

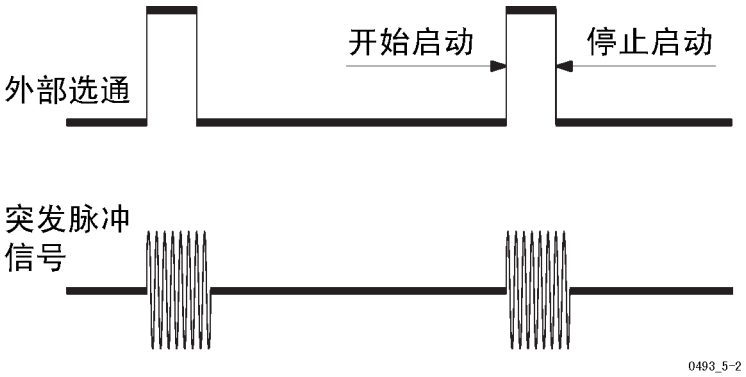
生成复杂波形的信号源如脉冲射频、脉冲突发、电视行信号或扫描信号等，通常会生成一个同步信号来对准扫描的开始、视频突发脉冲的长度或电视行的开始。 可使用这种同步信号来启动仪器。



可将开始启动点相对于启动信号进行延迟。 当外部启动信号没有对准所感兴趣的信号部分时，请使用这种功能。 时间延迟范围是 20 ns 至 2 s，设置分辨率为 10 ns。

启动停止

Arm Stop（启动停止）在仪器检测到启动输入信号上出现电平偏移并有指定的斜率时，将停止测量。 将 Arm Start（启动开始）和 Arm Stop（启动停止）结合起来就形成了测量选通功能，可设置测量的总持续时间。 例如，使用 Arm Start/Stop（启动开始/停止）组合可测量脉冲射频信号的频率，其中开始/停止条件的位置在突发脉冲之内。



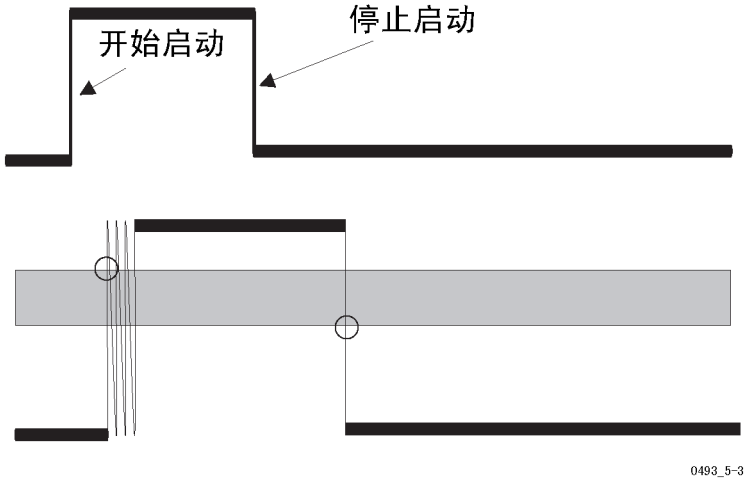
可用的 Arm Stop（启动停止）参数为 Channel（通道）、Slope（斜率）和 Delay（延迟）。

说明： Arm > Stop Delay（启动 > 停止延迟）只能用于 FCA3100 系列仪器的 Totalize（总计）功能。

启动开始/停止和突发脉冲测量

使用 Arm Start/Stop（启动开始/停止）条件进行的突发脉冲测量将使用正常的 **Frequency**（频率）测量模式。 但是，不使用启动条件所进行的突发脉冲测量是在自同步的 **Frequency Burst**（频率突发脉冲）模式下完成的，其中仪器尽可能地在脉冲突发上同步。

在时间间隔测量中，可将停止启动信号用作一种“外部触发释抑信号”。此处将阻止外部周期过程中的停止触发。



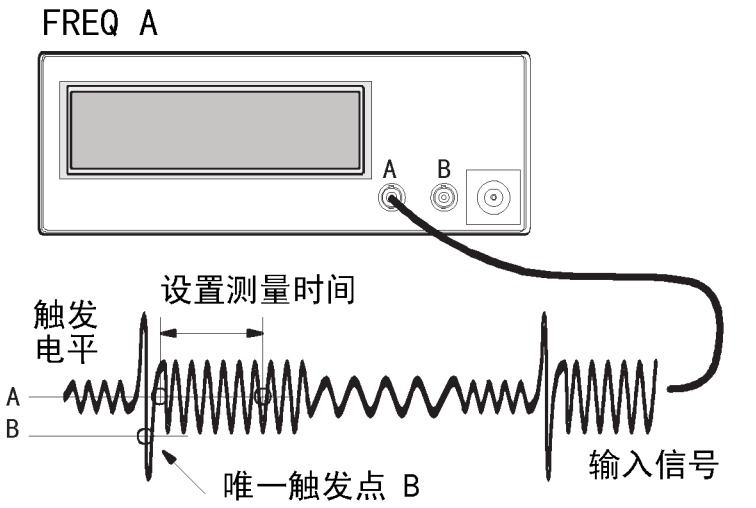
启动输入信号

输入 E（在后面板上）是正常的启动输入。 它适合于有 TTL 电平的启动（同步）信号。 触发电平固定为 1.4 V，不能更改。 触发斜率可设置为正或负。

在所有单通道或双通道测量中（启动信号是其中一个测量信号），也可使用输入 A 或输入 B 作为启动输入。 如果启动信号没有 TTL 电平，则这些输入更为合适。 所有输入 A 和输入 B 控制（例如交流/直流、触发电平、50 Ω / 1 MΩ 等等）都可以用来设置启动信号的条件。

使用测量信号作为启动信号

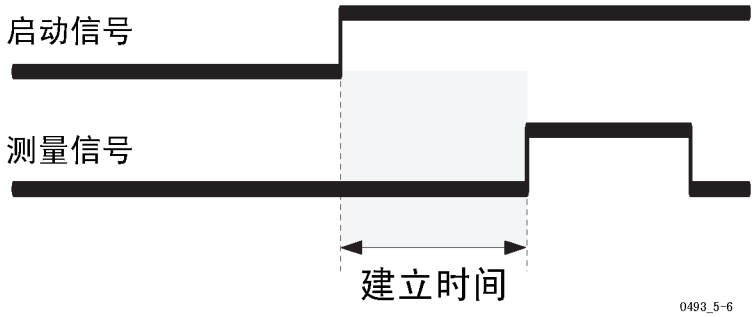
在带有唯一触发点的复杂信号上进行时间或频率测量时，可使用输入 B 启动来使测量信号“自动启动”仪器。 下述示例将把仪器设置为在信号达到指定的电压电平后测量信号的频率：



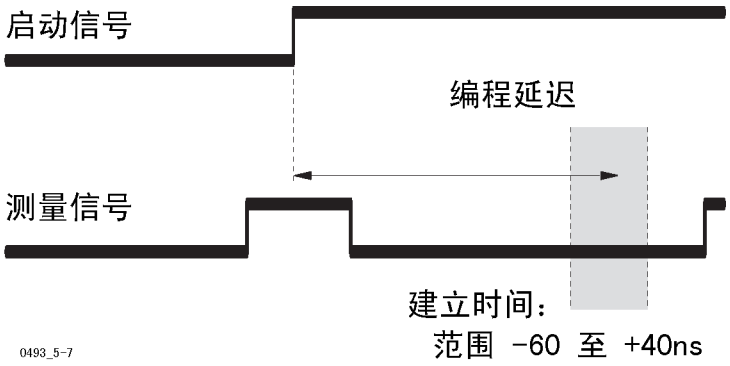
1. 使用功率分流器将信号连接到**输入 A** 和**输入 B**。
2. 按 **Input A**（输入 A）并调整设置来测量感兴趣的波形部分。
3. 按 **Input B**（输入 B）并调整设置来检测唯一的触发点。 使用 **DC**（直流）耦合和 **Manual**（手动）触发来设置特定电平。
4. 按 **Settings > Arm**（设置 > 启动），启用启动功能，然后设置 **Start Slope**（开始斜率）进行检测。 如果需要，请使用 Start Delay（开始延迟）。
5. 设置适合于感兴趣信号区域的测量时间。

启动和建立时间

在仪器可检测到启动信号上的变化之前，有一个 5 纳秒的建立时间。



在使用启动延迟时，这个建立时间有所不同。 下图显示了从到期时间延迟直到测量被启动之间的时间（ -60 至 +40 ns，总计 100 ns 延迟分辨率）。 该图显示，有可能检测到一个开始触发信号，尽管该信号出现在已编程的时间延迟到期前的 60 纳秒。 开始触发信号必须在已编程的时间延迟结束后 40 纳秒到来，以保证测量的正确开始。



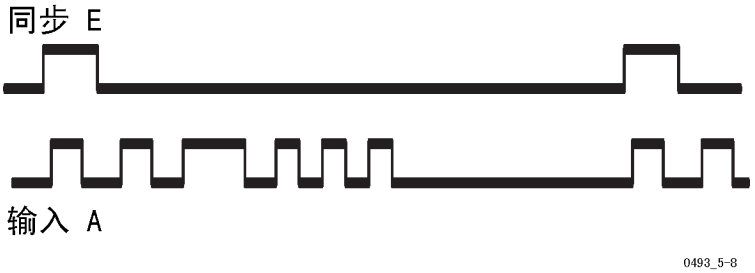
启动示例

本部分介绍如何测量各种突发脉冲信号的示例。 前两个示例测量一个突发脉冲内选定正脉冲的脉冲宽度。 第三个示例测量一个突发脉冲内两个脉冲之间的时间。 可通过选择合适的测量来测量突发脉冲信号的周期、上升时间或占空比，并可通过更改触发斜率在负脉冲上进行测量。

如果不知道待测信号的基本参数，请使用示波器来确定信号参数。 使用这些参数来设置仪器触发斜率、启动斜率和启动延迟。

启动示例：测量突发脉冲内的第一个脉冲

此例介绍如何测量重复性突发脉冲内第一个脉冲的宽度。 在此例中，还提供了一个带 TTL 电平的同步信号。 开始介绍的快速而简单的方法根本没有使用启动，而是利用了仪器倾向于将其内部流程自己同步到输入信号这样的事实。



这项任务是将测量的开始（开始触发）与第一个脉冲的上升沿同步。 根据信号的定时，这可能简单，也可能困难，甚至非常困难。

自动同步而不使用启动功能: 可以测量突发脉冲内的某个脉冲而不使用启动功能。 仪器通常自动将测量开始与第一个脉冲的触发进行同步。 成功条件为：

- PRF 不要太高，最好低于 50 Hz，一定不要高于 150 Hz。
- 脉冲突发的持续时间（第一个和最后一个脉冲之间）应比到下一个突发脉冲的距离短得多。
- 突发脉冲内的脉冲个数应多于 100 个，以避免偶然性的误数。

请执行下列操作来执行自动同步而不使用启动功能：

1. 将突发脉冲信号连接至输入 A。
2. 设置手动灵敏度和触发电平，直至突发脉冲信号能够正确触发仪器。
3. 按 **Meas > Pulse > Width Positive > A**（测量 > 脉冲 > 正宽度 > A）。
4. 按 **Settings > Stat > Pacing**（设置 > 统计 > 调步）将调步设置为 **On**（打开）。
5. 按 **Settings > Stat > Pacing Time**（设置 > 统计 > 调步时间），输入一个接近两个突发脉冲之间时间的值。

通过这种方法不保证绝对同步，但却是使用自动同步的好机会。 然而，偶尔也会显示错误值。 为保证同步，请使用 **Start Arming**（开始启动）功能。

使用启动功能实现突发脉冲同步：可使用外部同步信号来启动测量。 这要求同步信号的上升沿比突发脉冲中第一个脉冲的上升沿早 5 纳秒以上（ 见图9)

图 9: 使用启动功能同步。

请执行以下操作来使用启动功能执行同步：

1. 将外部同步信号连接到**输入 E**（在后面板上）。
2. 将突发脉冲信号连接至**输入 A**。
3. 调整触发电平，在突发脉冲信号上进行触发。
4. 按 **Settings > Arm > Arm On > Sample**（设置 > 启动 > 启动打开 > 取样）。
5. 按 **Start Chan > E**（开始通道 > E）。
6. 按 **Start Delay**（开始延迟），验证其值或将其设置为零。
7. 重复按 **Save|Exit**（保存|退出）返回主屏幕。
8. 按 **Meas > Pulse > Width Positive > A**（测量 > 脉冲 > 正宽度 > A）。

如果启动信号与脉冲突发内的第一个脉冲之间没有（或有很小的）时间差，启动功能必须要与延迟结合起来，如下例中所述。

使用开始启动及时间延迟实现突发脉冲同步: 如果脉冲突发有稳定的重复频率，可使用开始启动及时间延迟来进行测量。 这种方法使用属于前面突发脉冲的同步脉冲来同步测量的开始。 设置时间延迟，使其长于脉冲突发的持续时间，短于脉冲突发的重复时间，如下图所示。

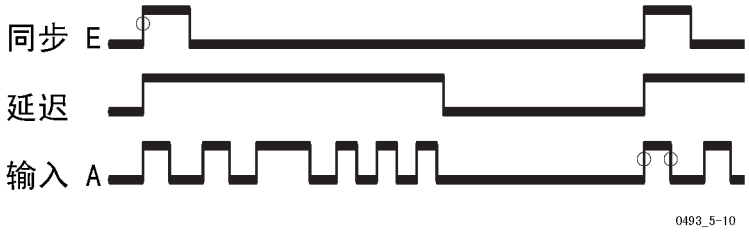


图 10: 使用开始启动及时间延迟进行同步。

请执行以下操作使用开始启动及时间延迟来执行同步：

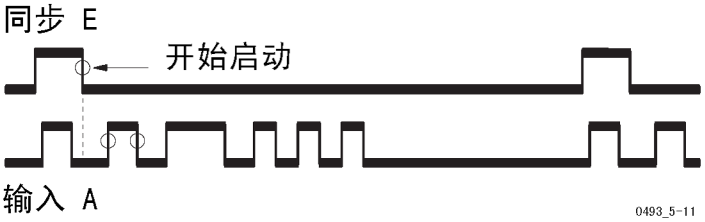
1. 将外部同步信号连接到**输入 E**（在后面板上）。
2. 将突发脉冲信号连接至**输入 A**。
3. 调整触发电平，在突发脉冲信号上触发。
4. 按 **Settings > Arm > Arm On > Sample**（设置 > 启动 > 启动打开 > 取样）。
5. 按 **Start Chan > E**（开始通道 > E）。
6. 按 **Start Delay**（开始延迟），输入一个合适的延迟值（长于脉冲突发的持续时间，但短于脉冲突发的重复时间）。
7. 重复按 **Save|Exit**（保存|退出）返回主屏幕。
8. 按 **Meas > Pulse > Width Positive > A**（测量 > 脉冲 > 正宽度 > A）。

启动示例：测量突发脉冲内的第二个脉冲

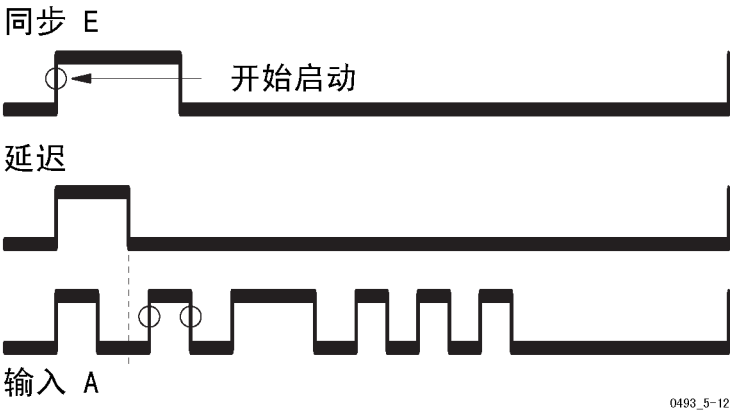
此例显示如何测量脉冲列内第二个脉冲的宽度。 问题是如何将测量开始与第二个脉冲的开始进行同步。 在这个案例中，自动同步（不使用启动功能）无法工作；自动同步仅在突发脉冲内的第一个触发事件上进行同步。 这意味着此测量需要使用启动功能。

根据同步信号相对于突发脉冲的位置以及同步信号的持续时间，可使用或者不使用启动延迟来执行测量。 如果同步信号的下降沿发生在脉冲突发中第一个脉冲的上升沿之后但在第二个脉冲之前，则可使用正常的开始启动而不使用延迟。

在输入 A 上选择正斜率上触发，在输入 E 上选择负斜率上触发。当前启动通道的斜率在 **Settings > Arm > Start Slope**（设置 > 启动 > 开始斜率）菜单内设置。 下图显示同步信号的下降沿出现在第二个脉冲之前。



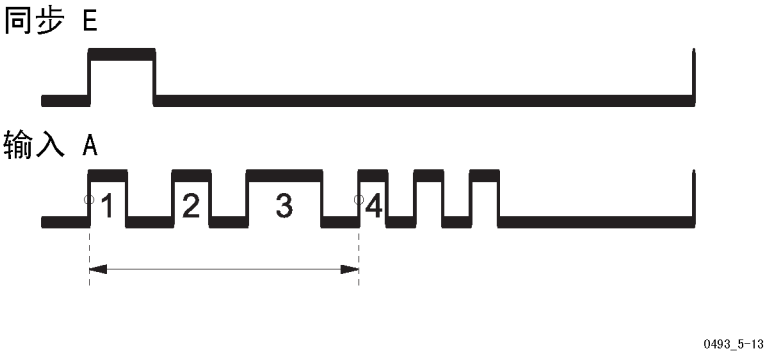
如果同步脉冲定时不那么符合上述测量示例，例如同步信号的下降沿太晚，则将启动功能与时间延迟结合起来使用，如下图所示。



使用上一个示例中的相同步骤，但设置一个合适的 **Start Arm Delay**（开始启动延迟），使延迟在第一和第二个脉冲的间隙处结束。

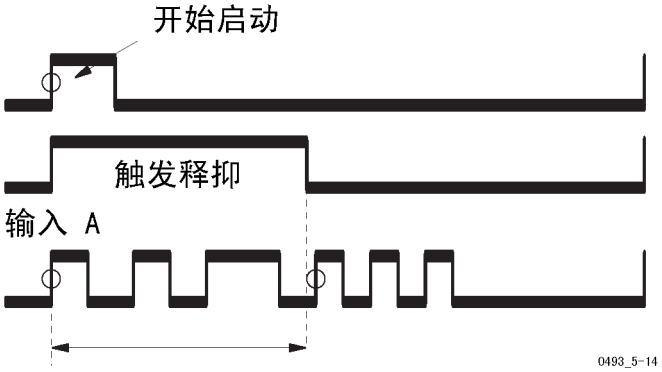
启动示例：测量突发脉冲内脉冲之间的时间

在前面的示例中，同步任务识别出测量的开始，并执行单次时间间隔测量。 下面的示例将测量突发脉冲内第一和第四个脉冲上升边沿之间的时间，如下图所示。 这需要同时设置开始和停止时间才能进行测量。



此类测量使用 **Time Interval A to A**（时间间隔 A 至 A）功能，使用输入 B 上的信号来控制停止条件。 该任务是要同时启动这次测量的开始和停止。 开始启动已经在第一个启动示例中介绍（将测量开始与第一个脉冲的上升沿同步）。 困难在于同步测量的停止（启动停止）。 可通过下面的一种方法来实现：

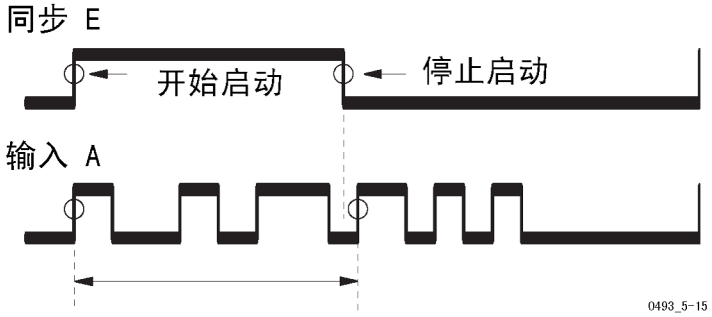
使用触发释抑将停止延迟一段时间: 触发释抑用于在一段预设时间内禁止停止触发。 释抑周期与开始触发事件同步开始。 释抑时间应设置为在第 3 和第 4 个脉冲之间的某个位置结束。



使用前面示例中的相同测试设置。 然后继续以下操作：

- 按 **Meas**（测量）按钮，然后选择 **Time Interval A to A**（时间间隔 A 至 A）。
- 按 **Input B**（输入 B），选择正斜率以及合适的触发电平。
- 按 **Settings > Trigger Hold Off (On)**（设置 > 触发释抑关闭（打开）），输入合适的释抑时间。
- 确定保持例 1 中的开始启动条件，而且没有启动延迟。
- 测量信号。

使用停止启动（外部释抑）来延迟停止: 在这些例子中到现在为止，同步信号都是专门用作开始启动信号；也就是说，测量触发关注的重点是同步信号的上升沿，而不是其持续时间。 但是，通过在同步信号下降沿上使用停止启动，同步信号也可以用作外部触发释抑。 如果同步脉冲的持续时间可以从外部改变，请选择一个在第三和第四个脉冲之间的间隔内结束的持续时间，如下图所示。



使用前面示例中的相同测试设置。 然后继续以下操作：

1. 按 **Settings** > **Arm** > **Stop Chan** > **E**（设置 > 启动 > 停止通道 > E）。
2. 按 **Stop Slope** > **Falling**（停止斜率 > 下降）。
3. 测量信号。

启动和模板

Profiling（模板）意味着测量频率随时间的变化。 例如，测量信号源在数小时内的暖机漂移、测量频率扫描在数秒内的线性度、VCO 在数毫秒内的开关特性，或者在微秒周期内啁啾雷达脉冲内部频率变化。

这些仪器可应付多种模板测量情况，但存在一些限制。 模板从理论上讲可手动进行，也就是说通过读取单个测量结果，然后进行绘图。 但是，最佳方法是将仪器用作一个快速的高分辨率取样前端，将结果存储在它的内部存储器中，然后再将测量传输到软件应用程序内进行分析和图形呈现。 TimeView™ 软件应用程序极大地简化了模板功能。

有两种模板测量： 自由运行和重复取样。

自由运行测量

Free-running（自由运行）测量在较长周期上进行。 典型的自由运行测量包括确定振荡器在 24 小时周期内的稳定度、测量发生器在 30 分钟暖机时间内的初始漂移，或者测量设备的短期稳定度。 在这些案例中，以用户选择的时间间隔进行测量，间隔范围是 2 µs 至 1000 s。

可通过几种方法来设置测量间隔：

- 使用调步时间（Settings > Stat（设置 > 统计））来设置测量时间间隔。 测量继续进行，直到完成所设置的取样数。 使用 **Hold/Run**（保持/运行）和 **Restart**（重启）在一个完整周期后停止测量。 在测量进行过程中，查看统计显示（趋势图或直方图）上的趋势或范围。
- 使用远程控制器内的定时器。 这样允许与外部事件进行同步，例如在检查一系列分量时 DUT 的变化。
- 使用外部启动信号。 例如，使用 10 Hz 启动信号脉冲以 100 ms 时间间隔进行测量。
- 在自由运行模式下进行测量。 当仪器处于自由运行模式（连续测量）时，测量之间的最短延迟约为 4 µs（内部校准关闭）或 8 µs（内部校准打开）再加上所设置的测量时间。 例如，当测量时间为 0.1 ms 时，每个取样之间的时间约为 104 - 108 µs。

重复取样模板测量

当模板需要取样之间的间隔短于 4 µs 时，自由运行测量将不工作。 例如，在 10 ms 的时间周期内，如何能够描述有 100 个取样的 VCO 阶跃响应呢？

这种测量场景需要重复性的输入阶跃信号。 需要重复测量 100 次，每个周期进行一次新取样，每个新取样相对于前一个取样延迟 100 µs。

最简单的方法就是使用控制器，例如安装了 TimeView 软件的 PC，但也可以（很麻烦）以手动方式设置并执行所有 100 个测量。

设置重复性取样模板测量需要以下方面：

- 重复性输入信号（例如 VCO 的频率输出）。
- 外部同步信号（例如进入 VCO 的阶梯电压输入）。
- 使用启动功能并预设延迟时间（100 µs、200 µs、300 µs）。

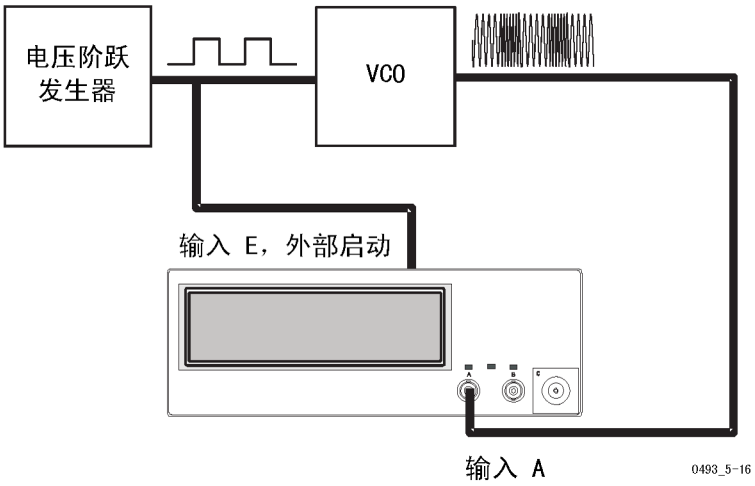


图 11: VCO 的瞬态模板设置。

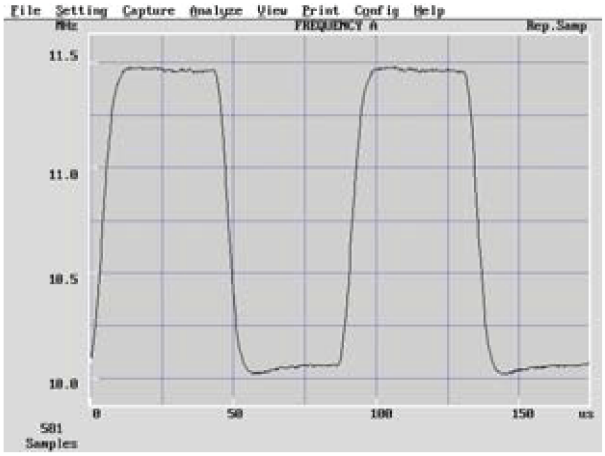


图 12: 瞬态模板测量的结果。

使用所有 100 个测量的结果绘制频率与时间关系图。 注意，时间刻度的绝对精度取决于输入信号本身。 虽然测量启动的时间间隔为 100 µs ±100 ns，测量的实际开始将始终与启动后的第一个输入信号触发事件同步。

附录 A: 默认仪器设置

下表列出出厂默认的仪器设置。 按 User Opt > Save/Recall > Setup > Recall setup > Default（用户选项 > 保存/调出 > 设置 > 调出设置 > 默认值）可将仪器设为这些设置。

参数	默认值
输入 A 和 B	
触发电平	自动
触发斜率	上升（正）
阻抗	1 MΩ
衰减器	1x
耦合	交流
滤波器	关闭
启动	
开始	关闭
开始斜率	上升（正）
开始启动延迟	0
停止	关闭
停止斜率	上升（正）
释抑	
释抑状态	关闭
释抑时间	200 µs
超时	
超时状态	关闭
超时时间	100 ms
统计	
统计	关闭
取样数	100
容器数	20
调步状态	关闭
调步时间	20 ms
数学	
数学	关闭
数学常数	K=1、L=0、M=1
极限	
极限状态	关闭
极限模式	范围

下限	0
上限	0
突发脉冲	
同步延迟	400 µs
开始延迟	0
测量时间	200 µs
频率限制	400 MHz
杂项	
功能	频率 A
智能频率	自动
智能时间间隔	关闭
测量时间	200 ms
自动触发低频	100 Hz
时基参考	自动
空白位数	0

附录 B: 控制测量定时

测量过程

由于这些仪器使用倒数计数方法，因此始终将实际测量周期的开始和停止与输入信号触发事件进行同步。 当前一个测量完成后，新的测量将自动开始（除非 **Hold**（保持）打开）。 这对于连续波信号是非常理想的。

当满足以下条件时（按顺序），测量开始将会发生：

- 仪器完全处理了前一个测量。
- 新测量的所有准备均完成。
- 输入信号触发仪器的测量输入。

当输入信号满足停止触发条件时，测量将结束。 在以下事件之后将直接结束：

- 所设置的测量时间已经结束（仅适用于 **Frequency**（频率）和 **Period Average**（周期平均）测量）。
- 输入信号满足停止触发条件，通常是第二次通过触发窗口时。

分辨率作为测量时间的函数

显示器上的量化误差以及位数主要定义仪器的分辨率（所显示的最低有效位）。 正如上面“倒数计数”部分中的介绍(见第27页)，频率 f 计算方法如下：

$$f = \frac{n}{t_g}$$

相对均方根量化误差 E_q = ±100 ps/t_g。

仪器会截断无关位，使均方根量化分辨率不会将最低有效位 (LSD) 改动超过 ±5 个单位。 当显示的值为 99999999 时会出现这种情况，这是量化误差的最差情况。 最佳情况是显示值为 10000000 时，这时量化分辨率对应于 ±0.5 LSD 单位。

说明： 99999999 (=1E8) 中 ± 1 个单位为 10000000 (=1E7) 中 ± 1 个单位相对分辨率的 10 倍，尽管位数相同。

逐步增加测量时间会降低由量化不确定性所造成的 LSD 不稳定性。 在特定的测量时间设置下，仪器将对齐以多显示一位。 这一个附加的位可立即将显示分辨率提高十倍，但不是将量化不确定性降低十倍。 因此，测量时间只是多一个显示位时，最后一位会看起来更加不确定。

为得到稳定的 LSD 读数，所选的最大测量时间应仍然能够提供所需的位数。 这种测量时间优化可使总分辨率等于量化分辨率。

测量时间和速率

如果选择频率或周期平均，则设置的测量时间决定了测量的长度。 当您要进行快速测量时（例如使用统计功能时，或者通过 GPIB 总线收集数据时），知道这一点很重要。

在一个块测量过程中，一个测量的停止到下一个测量的开始之间的时间（通常称为停滞时间）可在 2 µs 以下。

块就是一个连续测量的集合，其结果存储在存储器内用于分析或绘图（Analyze（分析）模式），或者以后通过 GPIB 或 USB 数据通信链路传输到控制器上。

附加测量控制

对测量开始和停止的附加控制: 仪器测量可能会变得更加复杂。 除了输入信号触发以外，可使用以下功能来控制测量的开始：

- 手动 Restart（重启），如果仪器处于 Hold（保持）模式。
- GPIB 触发（<GET> 或 *TRG），如果选择总线触发。 GPIB 触发将在程序员手册中介绍。
- 外部启动信号，如果 Start Arming（开始启动）被激活。
- 结束的开始启动延迟，如果 Arming Delay（启动延迟）被激活。

除了过期的测量时间和停止信号触发以外，如果 Stop Arming（停止启动）被激活，则测量的停止还可以由外部启动信号进行控制。

索引

字母和数字

Adev, 60
Enter 按钮, 11
Esc 按钮, 10
Esc 按钮和远程操作, 6
GPIB
    地址, 17
    模式（内部或兼容）, 17
    总线速度, vii
K（数学公式常数）, 16
L（数学公式常数）, 16
M（数学公式常数）, 16
TIE, 15, 45
V峰-峰, 56
Vrms, 56
V最大, 56
V最小, 56
X（数学公式）, 16

A

艾伦偏差, 60
按钮
    Enter, 11
    Esc, 10
    Esc 按钮和远程操作, 6
    保持/运行, 12
    保存/退出, 10
    测量, 9
    重启, 12
    导航, 11
    分析, 9
    箭头, 11
    上箭头, 11
    设置, 12, 14
    输入 A、输入 B, 11, 13
    数学/极限, 12, 16
    下箭头, 11
    小键盘, 11
    用户选项, 12, 17
    右箭头, 11
    值, 9
    自动设置, 10
    左箭头, 11
按频率的相位误差; 表, 50
安全概要, iii

B

保存/运行按钮, 12
保存, 17
保存/调出, 17
保存/调出子菜单
    设置, 17
    数据集, 17
    完全复位, 17
保存/退出按钮, 10
保存当前设置, 17
背靠背频率测量, 42
背靠背周期测量, 41
标准, 59
标准偏差, 59, 60
补偿相位误差, 51
捕获（极限测试）, 63
不精确度（相位）, 49
不确定性计算, 62

C

菜单
    设置, 14
    输入 A、输入 B, 13
    数学/极限, 16
    用户选项, 17
菜单模式, 7
测量
    Adev（艾伦偏差）, 59
    FM, 36
    TIE, 45
    V峰-峰, 56
    Vrms, 56
    V最大, 56
    V最小, 56
    按频率的相位误差; 表, 50
    背靠背频率, 42
    背靠背周期, 41
    标准（标准偏差）, 59
    补偿相位误差, 51
    不确定性计算, 62
测量过程, 79
测量理论, 27
测量时间, 61
测量时间跨度, 58
测量速度和统计, 61
测量突发脉冲内的第二个脉冲宽度, 71
测量突发脉冲内的第一个脉冲宽度, 69
测量突发脉冲内脉冲之间的时间, 72
测量与指定频率之间的偏差, 58, 60
重复取样模板, 74
单周期, 41
电压, 56
低调制频率, 38
抖动和漂移, 61
峰-峰, 59
峰峰值频率偏差, 39
幅度调制频率, 40
附加控制, 80
告警（极限测试）, 63
过驱和脉冲圆化, 47
加快统计测量, 61
建立时间, 启动, 68
极限测试, 63
极限测试和分析模式, 64
极限测试模式, 63
极限行为设置, 63
可能的相位误差, 48
脉冲圆化和过驱, 47
脉冲宽度, 46
漂移和抖动, 61
平均值, 59
平均周期, 41, 42
频率, 背靠背, 42
频率（输入 A、B）, 32
频率（输入 C）, 33
频率比, 33
启动（突发脉冲测量）, 66
启动概述, 65
启动和测量信号, 67
启动和模板, 74

启动和输入信号，67
启动建立时间，68
启动开始，65
启动示例，69
启动输入信号，67
启动停止，66
上升/下降时间，44
设置取样参数，60
时间测量触发，43
时间测量误差，46
时间和速率，79，80
时间间隔，44
时间间隔误差 (TIE)，45
使用数学表达式，58
输入信号和启动，67
数学，59
数学表达式，58
随机误差，相位测量，49
调幅信号，39
调幅载波，39
调制频率高于 1 kHz，38
突发脉冲测量和启动，66
同步延迟如何工作，36
统计测量，59
突发脉冲信号，33
相位，48
相位不精确度，49
相位测量分辨率，48
相位测量误差，48
相位误差补偿，51
系统误差，相位测量，50
载波频率，37
占空系数，46
置信限度，计算，62
周期，41
周期，背靠背，41
周期，平均，42
自由运行，74
总计，52
总计和启动，53
最大，59
最大频率，38
最小，59
最小频率，38
测量按钮，9
测量理论，27
测量速度，28
超时，28
低频信号，29
平均和单周期测量，28
取样保持，27
射频信号，30
微波，30
下变频器，30
预定标器，30
预定标器和最短测量时间，28
测量时间，14，58
测量速度，28
测试，18
测试模式，18
测试子菜单
测试模式，18
开始测试，18
超时，15，28
插值器校准，15
重复取样模板测量，74
重启按钮，12
出厂仪器设置，77
触发
迟滞，24
电平设置，25
更快测量，22
将自动触发电平转换为手动，23
设置触发模式，22
设置手动触发值，22
时间测量，43
释抑，14
手动触发，26
谐波失真，26
窄迟滞，26
自动（宽）迟滞，25

D

单次测量，12
单次事件，65
单周期测量，41
导航按钮，11
倒数计数，27
电压测量，56
调出（数据集），17
调出（仪器设置），17
低频信号，29
低调制频率，38
低通滤波器，模拟，20
低通滤波器，输入，20
低通滤波器，数字，21
低于（极限测试），63
抖动和漂移，61

F

范围（极限测试），63
非周期性信号，65
分辨率，79
分辨率（相位），48
峰-峰，59
峰峰值频率偏差，39
分析按钮，9
分析模式，7
附加测量控制，80

G

干扰，23
告警（极限测试），63
告警停止（极限测试），63
高于（极限测试），63
更快测量，22
功能，v
关于（仪器），18
过驱和脉冲圆化，47

J

加快统计测量，61
降低干扰，23
降低噪声，23
将自动触发电平转换为手动，23
建立时间，启动，68
箭头按钮，11
交流输入耦合，20
校准，17
校准日期，18
接口，17
接口子菜单
GPIB 地址，17
GPIB 模式，17
总线类型，17

进行单次测量，12
计算测量置信限度，62
极限，63
极限测试，63
    捕获设置，63
    低于设置，63
    范围设置，63
    告警设置，63
    告警停止设置，63
    高于设置，63
    极限行为设置，63
    上限 (UL)，63
    下限 (LL)，63
极限和分析模式，64
极限模式，16
极限行为，16
极限子菜单
    极限模式，16
    极限行为，16
    上限，16
    下限，16

K

开始测试，18
可能的误差（相位），48
快速 GPIB 总线，vii

M

脉冲圆化和过驱，47
脉冲宽度时间测量，46
脉冲信号，65
模拟低通滤波器，输入，20
默认仪器设置，77
模板，65，74

O

耦合，输入，20

P

漂移和抖动，61
平均，59
平均和单周期测量，28
平均周期测量，41，42
频率 (fo)，37
频率比，33
频率测量，32
频率测量（输入 C），33

Q

启动，14
    测量信号作为启动信号，67
    触发信号，67
    单次事件，65
    非周期性信号，65
    概述，65
    建立时间，68
    脉冲信号，65
    模板，65，74
    启动开始，65
    启动停止，66
    启动信号来自测量信号，67
    时间延迟（启动开始），66
    示例，69，71，72
    使用输入信号来启动，67
    输入信号，67
    同步信号，67
    突发脉冲测量，66
清除（数据集项目），17
趋势图显示，8
取样保持，27

S

上箭头按钮，11
上升/下降时间测量，44
上限，16
上限（极限测试），63
射频信号测量理论，30
设置，17
设置按钮，12，14
设置保护，17
设置菜单，14
    测量时间，14
    触发释抑，14
    启动，14
    时基，14
    统计，14
    突发脉冲，14
    杂项，15
设置取样参数，60
设置手动触发值，22
设置子菜单
    保存当前设置，17
    调出设置，17
    设置保护，17
    修改标签，17
时基，14
时间测量触发，43
时间测量误差，46
时间间隔，44
时间间隔误差 (TIE)，45
时间延迟（启动开始），66
示例
    测量突发脉冲内的第一个脉冲宽度（启动），69
    测量突发脉冲内的第二个脉冲宽度（启动），71
    测量突发脉冲内脉冲之间的时间（启动），72
    测量与指定频率之间的偏差，58
    计算置信限度，62
    使用数学表达式，58
    数学表达式，58，60
    总计 A-B，由 E 选通，54
    总计 A，由 B 开始/停止，54
    总计 B，由 A 定时，55
    总计和启动，53
手动触发，22，26
手动触发电平，22
衰减，输入，19
数据集（保存/调出），17
数据集子菜单
    保存，17
    调出，17
    清除，17
输入
    A 和 B（启动），67
    低通滤波器，20
    模拟低通滤波器，20
    耦合，20
    启动触发信号，67
    使用输入信号来启动，67
    衰减，19
    输入 E（启动），67
    数字低通滤波器，20
    阻抗，19

输入 A 按钮，13
输入 A、B 按钮，11
输入 A、B 菜单，13
输入 B 按钮，13
输入 C 采集，15
输入控制，19
数学，16
数学/极限按钮，12，16
数学/极限菜单，16
数学表达式，58，59
数学子菜单
K，16
L，16
M，16
X，16
数学，16
数字低通滤波器，输入，21
数字统计测量，7
随机误差，相位测量，49

T

调幅调制频率测量，40
调幅信号，39
调频信号，36
调制频率高于 1 kHz，38
停止测量（保持），12
同步延迟，36
同步延迟如何工作，36
统计，14，59
统计测量，7
统计和测量速度，61
统计和数学，62
突发脉冲，14
测量，33
测量错误，36
测量和启动，66
触发，34
选择突发脉冲测量时间，36

W

完全复位，17
微波测量理论，30
位空白，18

X

下变频器（微波测量），30
下箭头按钮，11
相位，48
相位误差补偿，51
小键盘按钮，11
下限，16
下限（极限测试），63
谐波失真，26
系统误差，相位测量，50
修改标签，17
选择突发脉冲测量时间，36

Y

已安装选件信息，18
仪器设置，默认，77
仪器信息，18
用户选项按钮，12，17
用户选项菜单，17
保存/调出，17
测试，18
关于，18
校准，17
接口，17
位空白，18
右箭头按钮，11
远程操作
Esc 按钮，6
状态，6
预定标器和最短测量时间，28

Z

载波测量，39
载波频率，37
载波频率测量，39
噪声，23
杂项，15
杂项菜单
TIE，15
超时，15
插值器校准，15
输入 C 采集，15
自动触发低频，15
占空系数测量，46
值按钮，9
直方图显示，8
直流输入耦合，20
智能测量，15
置信限度，测量，62
周期测量，41
自动触发，22，25
自动触发低频，15，22
自动设置按钮，10
自由运行测量，74
总计，52
总计和启动，53
总线类型（接口），17
最大，59
最大频率，38
最小，59
最小频率，38
阻抗，输入，19
左箭头按钮，11